

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**NÁVRH VAROVNÝCH SYMBOLŮ PRO NÍZKÉ
HLADINY OSVĚTLENOSTI**

**DESIGN OF WARNING SYMBOLS FOR LOW
LEVELS OF ILLUMINATIONS**

Liberec 20012

Soňa Saláková

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Doc. Ing. Michalu Víkovi Ph. D. a Ing. Martině Víkové za pozornost, kterou věnovali mé práci a za jejich odborné rady při vypracování této bakalářské práce.

Anotace

Práce se zabývá designem varovných symbolů s různými kontrasty a jejich otestováním při nízkých hladinách osvětlenosti.

V první teoretické části se zabývá fyziologií, anatomií oka a základními principy vidění jako je zraková ostrost, rozlišování intenzity světla a duplicitní teorie vidění. Uvádí základní teorie barevného vidění. Zabývá se poruchou barvocitu a testy sloužícími k vyšetření barvocitu.

Ve druhé praktické části práce jsou uvedeny normy a důležité pojmy uváděné v souvislosti s navrhováním nových značení. Dále práce prezentuje experiment testování navržených značek při různých hladinách osvětlenosti a jeho výsledky diskutuje v závěru.

Klíčová slova:

Anatomie oka, duplicitní teorie vidění, mezopické vidění, Purkyňův jev, varovné značky, nouzové značení, norma ČSN ISO 3864.

Anotace

This study is focused on design of safety signs with variety of different kinds of contrasts which are tested for their efficiency during low levels of illumination.

The first theoretical part explains physiology and anatomy of human eye and also basic principles of sight such as visual resolution, recognizing intensity of light and duplicity theory of vision. It introduces basic theories of perceiving colors. This work defines deficits of color perception and shows (pursues) tests to examine color sense.

In second practical part, regulations and important conceptions regarding new symbol (safety signs) design can be found. Further on this study represents an experiment which tests newly designed signs during various levels of illumination and ends with discussion about the test results.

Key words:

Human eye anatomy, duplicity vision theory, mesopic vision, Purkinje effect, safety sign, emergency sign, ČSN ISO 3864 Standard

Obsah

Liberec 20012	Soňa Saláková	3
Úvod.....		9
1. Cíl práce a metodika.....		10
1.1 Cíl práce		10
1.2 Metodika		10
2. Fiziologie vnímání		11
2.1 Oko - anatomie		11
2.2 Bělima (sclera).....		12
2.3 Rohovka		12
2.4 Cévnatka.....		12
2.5 Řasnaté tělísko.....		12
2.6 Duhovka		13
2.7 Sítnice.....		13
2.8 Čočka		15
3. Základní principy vidění.....		16
3.1 Zraková ostrost		16
3.2 Rozlišování intenzity světla.....		17
3.3 Duplicitní teorie vidění		17
3.3.1 Purkyňův jev.....		18
3.4 Young- Helmholtzova teorie		19
3.5 Heringova teorie		20
3.6 Poruchy barvocitu.....		20
3.6.1 Typy testů pro vyšetření:.....		21
4. Světlo.....		23
4.1 Viditelné spektrum.....		23
5. Barva		25
5.1 Barva a její charakteristika		25

5.2	Atlasy barev.....	26
6.	Návrh grafických symbolů	27
6.1	Úvod.....	27
6.2	Druhy symbolů.	27
6.2.1	Návrh dle normy ČSN ISO 3864.....	29
6.2.2	Bezpečnostní barvy.....	30
6.3	Barevný prostor CIE	33
6.3.1	Standardní barevný prostor CIE 1976 (L*a*b*) – CIELAB	33
7.	Experiment.....	36
7.1	Použitá zařízení.....	36
7.2	Průběh experimentu	37
7.3	Vyhodnocení testu	38
8.	Závěr.....	46
8.1	Další postupy pro zlepšení návrhů.....	46
	Seznam obrázků.....	I
	Seznam tabulek	II
	Seznam grafů	II
	Seznam symbolů a zkratk.....	IV
	Seznam příloh	V
	Bibliografie.....	XVII
	Citovaná literatura.....	XVIII

Úvod

V dnešní době je řešení nouzových východů, značení a osvětlení vcelku často diskutováno. Toto téma je důležité z hlediska bezpečnosti a ochrany lidí ve veřejných, průmyslových nebo i domácích prostředí.

Správné značení může být často jediné, co může stát mezi včasnou evakuací a v nejhorším případě smrtí.

V současné době se rozšiřuje použití luminiscenčního bezpečnostního značení únikových cest. O nich se zmiňuje i nařízení naší vlády ze dne 14. listopadu 2001, které nabylo účinnosti dnem 1. ledna 2003 a norma ČSN ISO 3864, která uvádí druhy bezpečnostních značek, jejich barvy a barevné kombinace a technické nákresy.

1. Cíl práce a metodika

1.1 Cíl práce

Cílem práce v teoretické části bylo ucelit si přehled anatomie oka a fyziologii vidění, druhy vad barvocitu, jejich vyšetření. Praktickou částí a jejím cílem bylo navrhnout symboly pro různé druhy situací a experimentálně si ověřit jejich funkčnost při snížených hladinách osvětlenosti.

Dalším bodem byla snaha si ověřit, jak dobře člověk rozeznává různé druhy kontrastů při snižujících se hladinách osvětlenosti.

1.2 Metodika

Pro vypracování teoretické části byla použita tištěná literatura, elektronické dokumenty a internetové zdroje.

Praktická část pak vychází z části ze získaných informací na základě studie nouzového značení a z experimentálního designu, který u některých symbolů neodpovídá normám.

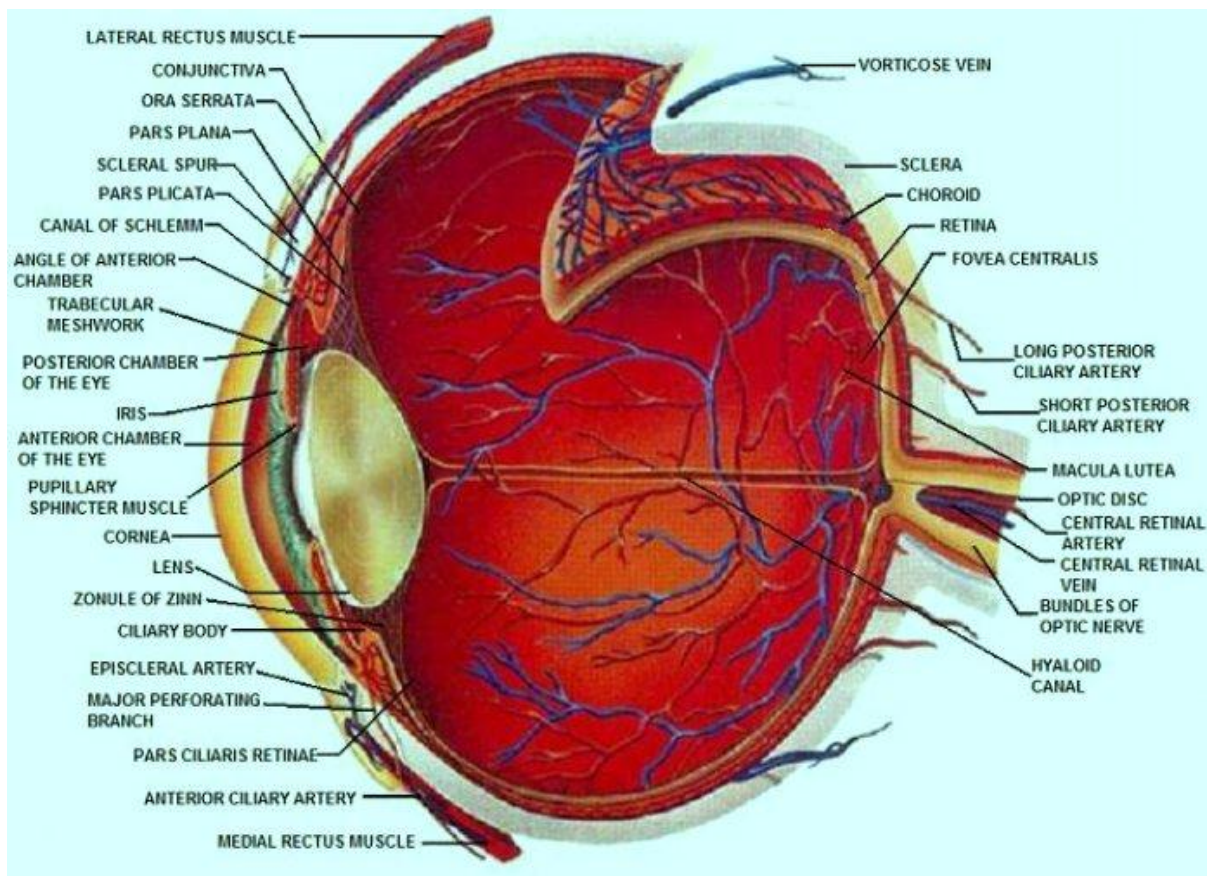
Z experimentálního testování značek a hodnocení pozorovateli, pak vychází výsledné grafy.

2. Fiziologie vnímání

2.1 Oko - anatomie

Oko nám přináší velmi důležité vjemy, bez nichž bychom dříve v přírodě ani nepřežili. Je důležitým indikátorem okolí. Vnímáme pomocí něj vzdálenosti, barvy, tvary, pohyb a podobně.

Je to složitý orgán, z něhož vidíme pouhou část, jako je rohovka, sklivec, duhovka a zornice. Velká část je pak usazena v kostěné oční oční vystlané tukovým polštářem. V zadní části oční ústí oční nerv – nervus opticus a také tepna prokrvující cévnatku. Další části oka, které nemůžeme spatřit pouhým pohledem, jsou čočka, řasnaté tělísko (akomodace čočky), okohybné svaly, zadní část oční koule – bělima, cévnatka a sítnice. Oční kouli vyplňuje sklivec upravující tok paprsků, tak aby dopadal na sítnici.



Obrázek 1Anatomická stavba oka

2.2 Bělima (sclera)

Tvoří obal oční koule. Je to tuhá vazivovitá blána v zadní části se mění na nervus opticus. Směrem dovnitř oka se na ni připojuje cévnatka. Z vnější části je chráněna vazivovitou blánou, jež udržuje tvar oční koule a umožňuje její pohyb jako kloubní jamka a napojují se zde okohybné svaly.

Vpředu je částečně kryta spojivkou, ta kryje hranici mezi vnitřní a vnější částí oka.

V raném věku je zbarvena lehce do modra, protože obsahuje více vody a je tedy částečně průhledná díky prosvítající cévnatce. Postupem věku se tu usazuje tuk a tak u starých lidí můžeme vidět bělimu zbarvenou lehce do žluta.

2.3 Rohovka

Kryje přední kruhový otvor bělimy, okrajem sedí v její rýze. Je bezcévná a dokonale průhledná, může jí tedy pronikat světlo dovnitř oka. V horizontálním směru je trochu delší a proto říkáme, že je horizontálně eliptická a má cylindrický tvar (jako kulový vrchlík).

Rohovka se skládá z několika vrstev, v každé jednotlivé vrstvě se zakřivením liší – vždy ve vertikálním směru větší a dochází tak fyziologickému astigmatismu, které se náš mozek naučil potlačovat a obraz, jež vidíme, sám poopraví.

Rohovka patří mezi nejcitlivější části v těle.

2.4 Cévnatka

Následuje po bělimě a tvoří tak střední vrstvu oční koule. Díky proudění krve v cévách má tmavohnědou barvu a působí tak i jako pohlcovač přebytečných světelných paprsků. Další z funkcí cévnatky je výživa fotoreceptorů. Pomocí změny napětí v cévách napíná řasnaté tělísko, které poté napíná čočku a způsobuje její akomodaci (ostření).

2.5 Řasnaté tělísko

Kruhové tělísko, které má ze strany trojúhelníkovitý tvar. K čočce je přichyceno pomocí řasnatých výběžků, pomocí nichž napíná čočku. Postupně přechází v cévnatku. Zezadu je částečně pokryto sítnicí. V tomto místě je produkován komorový mok – ten vyživuje bezcévné části oka, udržuje jeho tvar.

2.6 Duhovka

Barevná kruhová část oka, uprostřed s otvorem – panenkou. Je ukotvena v přední části řasnatého tělesa. V duhovce jsou charakteristické brázdy, tvořené jamkami a řasami. Proto vypadá jako čárkovaná. Skládá se ze dvou prstenců, jednoho menšího a jednoho většího. Na tyto vrchní viditelné prstence přiléhá vazivo obsahující pigment a spolu s epitelem zadní části, taktéž obsahující pigmentové části, zabraňuje průchodu paprsků dovnitř oka. Někdy se stává, že v přední vazivové části není pigment přítomen, duhovka se pak jeví modrá.

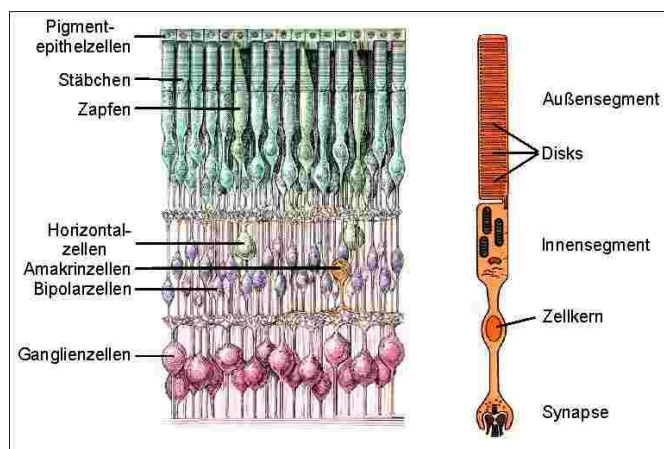
Průchod světelných paprsků je korigován zvětšováním nebo zmenšováním otvoru v duhovce a to pomocí dvou hladkých svalů nacházejících se pod vazivovou částí.

2.7 Sítňice

Tvoří vnitřní vrstvu oční koule a vystýlá celou její vnitřní plochu až k okraji duhovky. Zvenku se dotýká cévnatky a uvnitř k ní přiléhá sklivec.

Zevní stranu sítnice tvoří pigmentový epitel, ze kterého vybíhají řasy a zasouvají se mezi fotoreceptory. Fungují zde jako izolátory světla mezi nimi a pohlcují odražené paprsky. Tak nejsou světločivné buňky předrážděné. Další funkcí epitelu je transport kyslíku a výživných látek do dalších vrstev sítnice. Po pigmentové vrstvě najdeme další část sítnice-optickou. Obsahuje snad nejdůležitější buňky oka a to fotoreceptory. Díky těmto specializovaným buňkám vidíme okolní svět.

V této vrstvě po sobě následují směrem od cévnatky – tyčinky a čípky, bipolární buňky a poslední, nejbližší k nitrooční části, gangliové buňky.



Obrázek 2 Sítňice

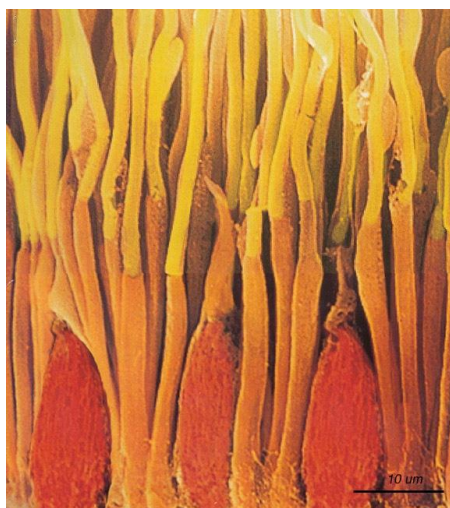
Tyčinky jsou světločivné buňky, které reagují na množství dopadajícího světla, nikoli na barvu (vlnovou délku). Díky nim vidíme za šera, nazýváme to skotopickým viděním. Pro vjem stačí i jen nepatrné množství odražených paprsků. Těchto tyčinek je asi 130 miliónů.

Jednotlivé tyčinky se dělí na světločivný, metabolický a synaptický úsek. Reakce na světlo je podmíněna přenosem rhodopsinu uloženého v membránových discích vně buňky. Tato látka při dopadu světelných paprsků zesvětlá a tak vyvolává vzruchy. Ty přechází do synapsí na druhé straně tyčinek.

Čípky, další fotoreceptory sítnice, vnímají vlnové délky světla, tudíž pomocí nich vidíme barevně. Čípky nejsou tak citlivé na malé množství světla jako tyčinky, vidíme pomocí nich pouze za větší viditelnosti. Umožňují lepší zrakovou ostrost než tyčinky.

Je jich mnohem méně než tyčinek, kolem 7 miliónů. Největší koncentrace čípků je ve žluté skvrně (fovea centralit). Mají podobnou stavbu jako tyčinky, avšak jsou kónického, nikoli válcového tvaru a jsou kratší. Na jejich membránách je barvivo nazývané rodopsin. Nejcitlivější je v červeném spektru. Čípky obsahují několik modifikací rodopsinu a ty jsou nejcitlivější v různých oblastech spektra. [1]

Rozděluje tak čípky podle citlivosti jednotlivých druhů rodopsinu- S - čípky, které pohlcují krátkovlnné světlo, M - čípky pohlcují střední délky světla, L - čípky citlivé v červené a žluté oblasti spektra (dlouhovlnné světlo). Tak můžeme vnímat 3 základní barvy a pomocí míchání těchto jednotlivých barev odstíny.



Obrázek 3 Světločivné buňky

U tyčinek a čípků dochází k obměně jejich membránových částí, vždy za několik dní se obmění celá membrána.

Vzruchy z fotoreceptorů dále pokračují přes bipolární a gangliové buňky, kde jsou tříděny, zpracovávány a kódovány (díky tomu to třídění ne všechny dorazí přes nervus opticus do mozku).

Další vrstvou sítnice jsou bipolární buňky, které pak navazují svými synapsemi na vrstvu gangliových buněk. Z gangliových buněk pak vybíhají neurity na povrch a sbíhají se do optického nervu. Ten vystupuje ze sítnice a tvoří na ní okrouhlou světlou elipsu, kde také vstupuje céva čerpající krev do cévnatky. Zde nejsou žádné světločivné elementy, toto místo se nazývá slepá skvrna (macula caeca).

2.8 Čočka

Oční čočka je umístěna za duhovkou a zavěšena do řasnatého tělíska. Zadní stranou se dotýká sklivce, přední stranou pak ohraničuje zadní komoru oční.

Barva čočky se postupem času mění – u novorozence je nazelenalá, poté začíná s věkem žloutnout.

Při zaostření oka se tloušťka čočky mění. Při pozorování blízkého předmětu se ztluští, díky této změně se změní dioptrie. Ty se pak pohybují mezi 10 – 17 dioptriemi. Tvar čočky není stejný, na přední straně je sférický a na zadní je paraboloidní.[2]

3. Základní principy vidění

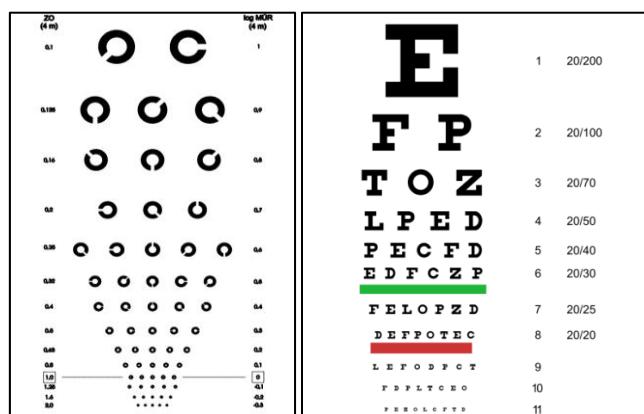
Základními principy vidění se v podstatě rozumí veškeré vnímání a tvorba obrazu. S tím souvisí zraková ostrost, rozlišování barev, vnímání jasů (intenzity světla), prostorové vidění a vnímání pohybu. Tedy vše co můžeme pozorovat a jak to můžeme pozorovat.

3.1 Zraková ostrost

Pro rozpoznávání předmětů v prostoru má oko takzvanou rozlišovací schopnost. Ta se udává jako schopnost oka ještě rozpoznat dva body při co nejmenším úhlu. Zraková ostrost závisí také na správné funkci čoček, správné lomivosti světla, funkčnosti sítnice (tedy čípků a tyčinek), normální funkci zrakového nervu a zrakového korového centra.

Pro tvorbu ostrého obrazu jsou používány čípky a to při fotopickém vidění. Protože nejvíce čípků je soustředěno ve žluté skvrně, je tedy nejostřejší obraz vnímán při přímém pohledu, kdy obraz dopadá do žluté skvrny. Naopak při skotopickém vidění nepoužíváme čípky, a proto nám nepomohou při tvorbě ostrého obrazu. V této situaci se nejlepší zrakový vjem vytvoří asi 4° od fovea centralis. Tedy je to klasický případ, kdy se díváme na velmi slabě osvětlený předmět, vidíme ho periferním viděním, avšak když na něj zaostříme přímo, tak předmět „zmizí“

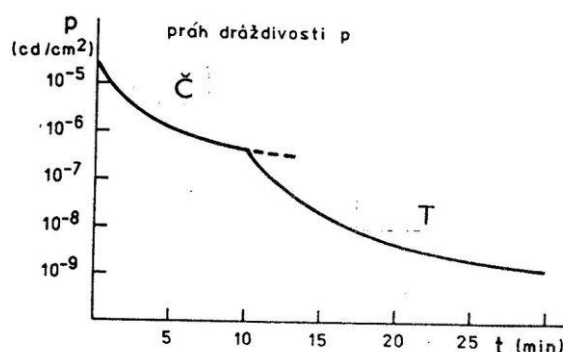
Zrakovou ostrost vyšetřují lékaři podle vypočítaných optotypů, kdy mezera mezi dvěma body obrazce je právě tak velká, aby ji vyšetřovaný rozlišil z určité vzdálenosti. Většinou se rozlišuje ze vzdálenosti 6m, kdy pro nejmenší řadu je rozlišitelnost detailů právě 1° a to ze vzdálenosti 4m, největší řadu lze rozlišit ze 60m. Výsledky se zapisují ve zlomku, v čitateli je vzdálenost, ze které se vyšetřovalo, a ve jmenovateli označení posledního řádku, který byl vyšetřovaný schopen přečíst. K vyšetření se používají Landoltovy prstence (písmeno C) nebo Snellenův test (viz . obrázek 4). [3]



Obrázek 4 a 5 Landoltovy prstence a Snellenův test

3.2 Rozlišování intenzity světla

Oko je schopno rozeznat tak slabé světelné podněty jako např. svit slabé hvězdy, ale též vnímat tak silný jas, jaký vzniká při slunečním osvětlení na ledovcích. Vyhodnocování extrémně rozdílných intenzit podnětů je možné pouze přizpůsobením oka na příslušný jas. Lidské oko je citlivé na intenzitu světla celkově v rozmezí třinácti řádů jednotek, ale v určitém okamžiku je nastaveno na vnímání v rozmezí pouhých dvou těchto jednotek. Jestliže je oko vystaveno situaci, kdy je pásmo současného vnímání překročeno, musí dojít k adaptačním změnám, díky nimž se oko nastavuje na pásmo nové. Pokud je člověk např. adaptován na normální denní světlo, jeví se mu slabě osvětlená místnost zpočátku temná. Intenzita osvětlení je v tomto případě nižší než okamžitý práh citlivosti oka. Po několika minutách pak již rozeznává zařízení pokoje, tzn. světelný práh se snížil. Tento jev nazýváme zraková adaptace na tmu. Pokud vyjádříme závislost prahové citlivosti sítnice na čase, získáme tak dvoufázovou křivku adaptace na tmu. První část křivky představuje rychlou fázi, tzv. čípkovou adaptaci sítnice, kdy se citlivost sítnice zvyšuje 100x. Tato fáze probíhá asi 8 minut a po ní následuje druhá fáze, tzv. tyčinková adaptace sítnice. Ta probíhá poněkud pomaleji, trvá přibližně 30 minut (úplná adaptace nastává až po jedné hodině), citlivost sítnice se zde zvýší až 100 000x. Podkladem adaptace na tmu je syntéza rhodopsinu (resp. iodopsinu) ve světločivných buňkách. [4]

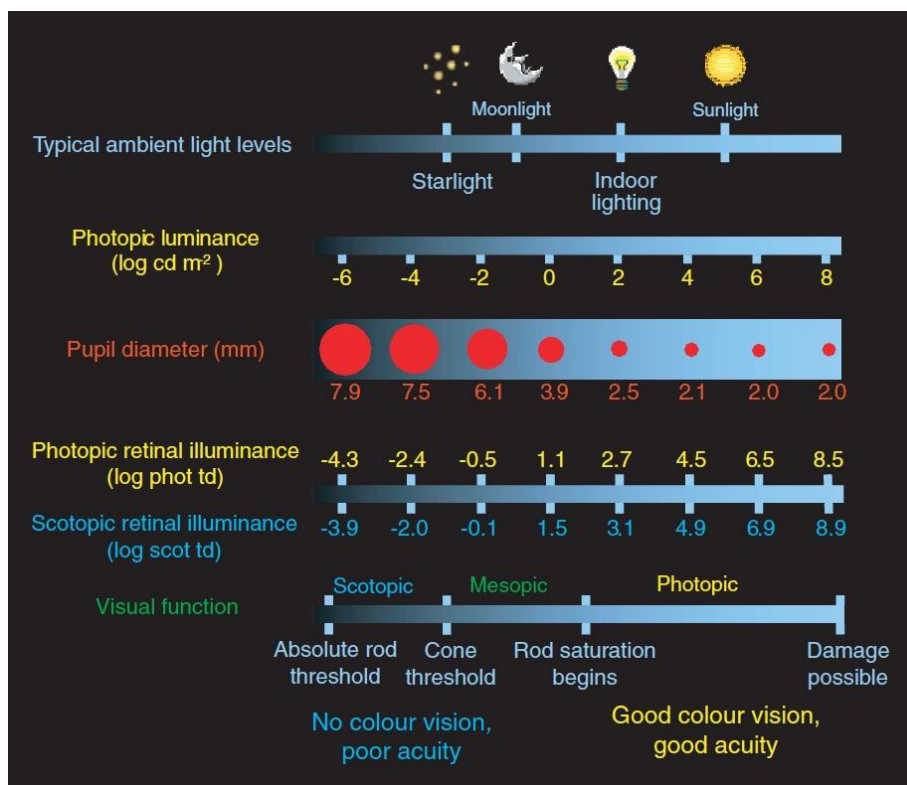


Obrázek 5 Křivka adaptace sítnice na snížení intenzity světla

3.3 Duplicitní teorie vidění

Tato teorie rozděluje vidění za světla, osvětlení $> 10\text{lx}$ a za šera, kdy je $E < 10^{-3}\text{lx}$. Pro vyšší osvětlení se jedná o vidění fotopické, kdy jsou aktivní čípky v centrální skvrně. Čípky jsou centralizovány ve fovea centralis, směrem k okrajům sítnice jejich počet klesá. Proto za jasného světla nejlépe vidíme přímou fixací pohledu.

Při nízkých osvětlenostech menších jak 10^{-3}lx přestávají být aktivní čípky, jsou aktivní tyčinky. Mezi těmito hodnotami pro fotopické a skotopické vidění vnímáme pomocí mezopického vidění. Jedná se o komplikovaný model vidění, kde společně působí tyčinky i čípky, a je velmi těžké ho popsat pomocí daných standardů CIE. V této oblasti dochází k Purkyňovu jevu, který je popsán níže. Na obrázku 6 je porovnáno při jakých hodnotách osvětlení působí fotopické, skotopické nebo mezopické vidění.[5]



Obrázek 6 Porovnání fotopického, mezopického a skotopického vidění

3.3.1 Purkyňův jev

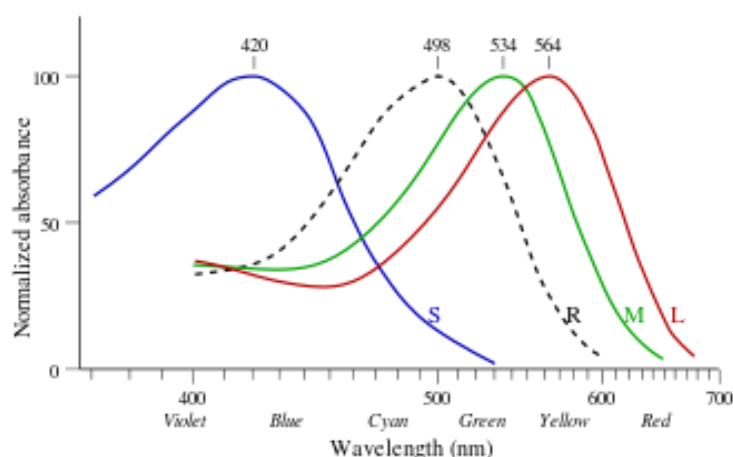
V mezopické oblasti vidění mezi fotopickým a skotopickým viděním nastává posun vnímání barev, takzvaný Purkyňův jev. Jan Evangelista Purkyně tento posun a jeho vysvětlení publikoval jako součást své dizertační práce v roce 1818.

Při tomto jevu dochází ke ztrátě citlivosti sítnice v centrální oblasti na barvy a přesouvá se směrem k periférii. Tak dochází i k posuvu spektrální citlivosti. Nejcitlivější je oko na spektrum modrozelené.

3.4 Young- Helmholtzova teorie

Youngova-Helmholtzova neboli trichromatická teorie byla podložena novými experimentálními výsledky získanými přímou spektrofotometrickou metodou, která potvrdila existenci tří typů čípků s různými absorpčními maximy. V těchto receptorech byly zjištěny tři druhy fotoaktivního pigmentu iodopsinu, které jsou spektrálně selektivní, přičemž každý druh je citlivý na poněkud jiný rozsah vlnových délek. Pigment K-čípků pohlcuje krátkovlnné světlo (modrofialové), maximum citlivosti dosahuje kolem 420 nm, M-čípky pohlcují vlny střední délky (modrozelené až žluté světlo), maximum citlivosti je okolo 535 nm a L-čípky pohlcují světlo dlouhovlnné (žluté až červené) s maximem citlivosti 565 nm.

Trichromatická teorie předpokládá, že podráždění jen jednoho druhu čípku má za následek vjem příslušné základní barvy, tj. červené, zelené nebo modré. Rovnoměrné podráždění všech tří druhů čípků vyvolává vjem barvy bílé, nerovnoměrné podráždění pak vjem smíšené barvy podle barevného trojúhelníku.[6]



Obrázek 5 Spektrální citlivost čípků

3.5 Heringova teorie

Tato teorie pracuje s předpokladem dvou druhů jednotek citlivých na barvu. Tyto světločivné jednotky reagují na protikladné barvy. První reaguje na červenou nebo zelenou a druhá na žlutou nebo modrou barvu. Předpokládá se, že při podráždění například červenou barvou buňka zvyšuje svou aktivitu a naopak při podráždění oponentní barvou (zelenou) aktivitu snižuje. V podstatě se dá říci, že se jedná o reakci on-off. Částečně byla Heringova teorie potvrzena objevem oponentního kódování barev. Jedná se o elektrofyziologickou funkčnost buněk, respektive membránový potenciál buněk. Při podráždění červenou barvou se membrána hyperpolarizuje a předá vzruch dál do nervového systému. V případě podráždění zelenou barvou se membránový potenciál depolarizuje. Toto základní oponentní kódování je zachováno i v dalších fázích přenosu např. u gangliových buněk. [5]

3.6 Poruchy barvocitu

Porucha barvocitu je způsobena špatnou nebo vůbec žádnou funkčností některých druhů čípků. Podle typu nefungujících čípků a podle toho kolik typů čípků nefunguje, rozeznáváme tyto druhy vidění:

- Monochromatické: lidé s touto poruchou vidí pouze skotopickým viděním, tedy černobíle, rozpoznávají jasy jednotlivých barev. Tato porucha je velmi vzácná.
- dichromatické : zde jsou plně nefunkční čípky citlivé v jednotlivých spektrech světla. Anomálie tohoto druhu také není příliš častá.
 - protanopie – chybí reakce na červené spektrum
 - deuteranopie – člověk nerozeznává zelenou
 - tritanopie – zde chybí pigment citlivý v modré oblasti spektra
- trichromatické (také anomální trichromazie): poruchy tohoto typu jsou nejčastější, například deuteranopii trpí celých 4,9% populace.
 - protanomálie – špatně rozeznává červené spektrum
 - deuteranomálie – zeslabené vnímání zelené

- tritanomálie –taktéž oslabené vnímání modré

Dále může být buď vrozená, nebo také získaná, díky těmto lidem se získanou vadou můžeme simulovat barevný vjem u postižených lidí.

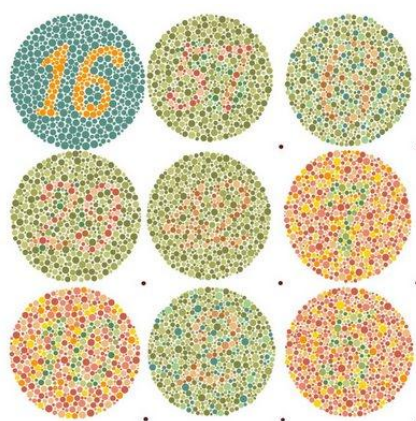
Jedná se o poruchu na chromozómu X, vyskytuje se mnohem více u mužů, neboť ženy mají chromozómy XY, a je tedy poloviční šance, že se přenese na tomto chromozómu.[7]

3.6.1 Typy testů pro vyšetření:

K vyšetření poruchy se používají nejčastěji tabulky sestavené ze skvrn izochromatických barev na nich lze pak rozeznat čísla nebo písmena – takzvané Ishiharovi tabulky. Přesnou poruchu určuje Nagelův anomaloskop. Při pohledu do okuláru tohoto přístroje uvidí vyšetřovaný pole rozdělené na dvě části, v jedné části uvidí spektrální žlutou barvu, ve druhé si musí oko namíchat tuto barvu ze zelené a červené. Výsledek je uveden v kvocientu anomálie. Tento přístroj umožňuje diagnostikovat pouze poruchu citlivosti čípků na červené a zelené spektrum. Nejpresnější a nejucelenější vyšetření poskytuje Farnsworth - Munsellův 100 Hue test (viz. níže).[2]

3.6.1.1 Ishiharovi tabulky

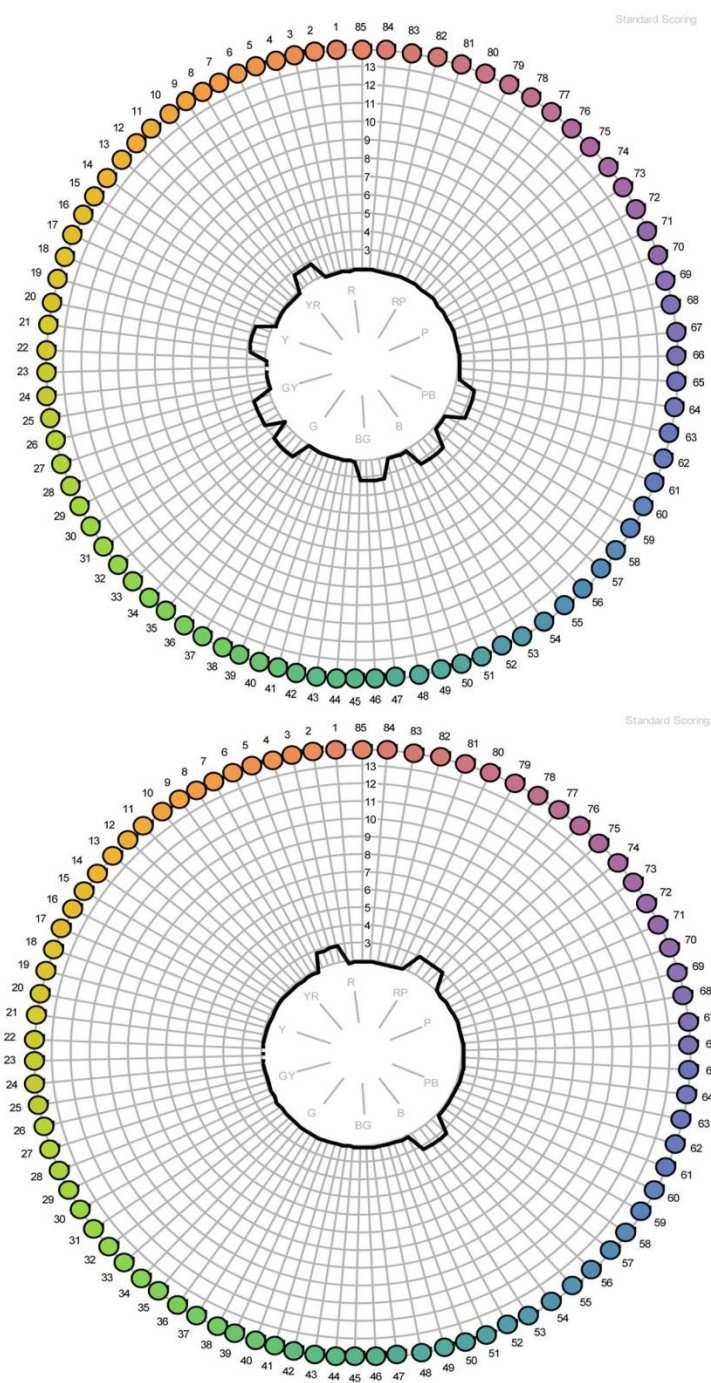
Tyto tabulky jsou navrženy tak, aby postižený člověk nemohl rozeznávat jasy barev, ale pouze barevné odstíny. Zdraví člověk uvidí na obrázku mezi ostatními skvrnami číslice složené z jiných odstínů skvrn. Proto když obrázky předložíte člověku s vadou nějakého typu čípku, nebude schopen některé obrázky rozeznat a uvidí pouze shluk stejně barevných skvrn..



Obrázek 6 Ishiharův test

3.6.1.2 Farnsworth - Munsellův 100 Hue test

Tento test sestává z 85 odstínů tónů tvořící rozsah celého spektra. Barevné terče jsou rozděleny do čtyř řad, kde v každé řadě jsou dvě hraniční barvy a mezi nimi pozorovatel doplňuje postupně kombinace odstínů těchto barev. Z druhé strany jednotlivých vzorků odstínů jsou čísla, která by měla být seřazena za sebou. Záměna se přímo úměrně zobrazí jako vychýlená křivka grafu. Tedy čím větší záměna, tím více se graf vychýlí.



Obrázek 9 Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue test

4. Světlo

Naše oči jsou adaptované na velmi malou část elektromagnetického záření – světlo. Díky němu můžeme pozorovat svět okolo nás, odhadovat vzdálenosti, pozorovat pohyb věcí. Můžeme vnímat přírodu, umění. Všechny tyto věci nás inspirují, nutí k přemýšlení a svým způsobem vedou kupředu.

Elektromagnetické záření jako takové je velmi široké spektrum vln. Kratší vlnové délky než viditelné (VIS) záření má ultrafialové (UV) záření 1 Å (10^{-8} m ; $3,8 \cdot 10^{-7} \text{ nm}$), ještě kratší vlnové délky má röntgenové (X) záření 1 Å (10^{-11} m ; 10^{-8} m) a nejkratší vlnové délky má záření gama (g) $1 < 10^{-11} \text{ m}$. Větší vlnové délky než viditelné záření má infračervené (IR) záření 1 Å ($7,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$; 10^{-4} m), ještě větší vlnové délky mají mikrovlny (m) 1 Å (10^{-4} m ; 10^{-1} m) a největší vlnové délky mají rádiové (RAD) vlny $1 > 10^{-1} \text{ m}$. Rozhraní jednotlivých oblastí nejsou striktně definována.[6]

Platí zde vztah

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (1)$$

kde c je rychlost světla ve vakuu, λ vlnová délka, ν frekvence.

Čím kratší vlnová délka, tím větší energii elektromagnetické vlnění má.

4.1 Viditelné spektrum

Viditelné spektrum se nachází v rozmezí vlnových délek $380 - 750 \text{ nm}$. Jedná se o příčné elektromagnetické vlny, kde pohybující se fotony budí elektrické i magnetické pole zároveň.

Z historie víme, že dříve vycházeli fyzikové ze dvou teorií o šíření světla. První z nich vlnová teorie se zakládá na tom, že světlo má fyzikální vlastnosti vlnění. Tj. zákon odrazu, lomu (na rozhraní dvou různých prostředí).

Druhá korpuskulární nebo také částicová teorie zastává názor, že světlo je proudem částic. S touto teorií přišel Isaac Newton, a protože byl uznávanou autoritou tehdejší doby, jeho teorie byla upřednostňována před vlnovou.

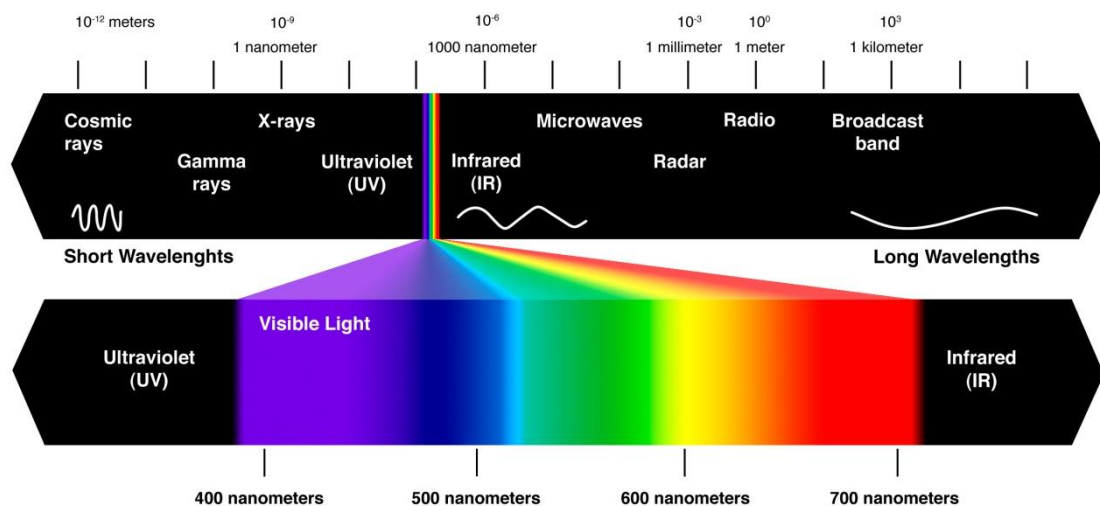
Dnes platí obě teorie, neboť světlo má dualistickou povahu. Chová se jako vlnění i jak proud částic. Tento stav však není vyvážený, u kratších vlnových délek, jako je rentgenové záření, převládá částicová povaha, naopak čím delší vlny tím více se chová jako vlnění.[8]

Pro vlnovou délku platí:

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \quad (2)$$

T...perioda,

f...frekvence vlnění



Obrázek 10 Světelné spektrum

5. Barva

V našem světě má barva několik různých významů a definic, jak ji můžeme vnímat.

Z obecného hlediska lze říci, že je vlastností předmětu nebo světla a můžeme jí tak popisovat pozorované skutečnosti.

Hluběji se touto vlastností zabývá koloristika, která barvy popisuje pomocí barevných prostorů. Je možné každou barvu v tomto prostoru zařadit pomocí souřadnic a přesně tak říci, jaký odstín, sytost a jas barva má. K obchodním účelům slouží atlasy barev, které řadí barvy podle odstínů a mají většinou číselné označení, které přesně definuje vzorek barvy.

Z fyzikálního hlediska je barva elektromagnetickým vlněním o určité vlnové délce. Lze jí také přiřadit energetickou hodnotu.

Vnímání barvy je u člověka ovlivňováno nejen úhlem pozorování, teplotou chromatičnosti osvětlení, fyziologickými ději při zpracování vnímaného obrazu, ale také a to možná hlavně psychologickou interpretací obrazu, kde často pozorovatel vychází ze zkušenosti (v podstatě se v průběhu času naučil interpretovat určité obrazy). Dalším silným faktorem pozorování je stav organismu, například únava.

Barvy celkově lze rozdělit na achromatické a chromatické. Achromatickou barvou se myslí bílá nebo černá barva. Chromatické barvy se dále dělí na monochromatické a složené. Toto rozdělení nám říká, jestli je barva podle spektrálního složení tvořena pouze jednou vlnovou délkou nebo je složena z více vlnových délek. Spektrální křivka u složené chromatické barvy není přímková, ale má jeden nebo více vrcholů a vede přes více vlnových délek.[7]

5.1 Barva a její charakteristika

Barvu lze charakterizovat následujícími hodnotami. Těchto hodnot využívají barevné atlasy, které na základě odstínu, jasu a sytosti rozdělují jednotlivé barvy, abychom je mohli lépe popsat a utřídit.

Odstín (= barevný tón): Dá se říci, že jednotlivé odstíny, ať už se jedná o složenou nebo monochromatickou barvu, mohou být charakterizovány spektrální barvou (vlnovou délkou). Lidské oko vnímá barvy ne jako složené, ale jako jednu barvu, tedy vnímáme jen jeden odstín. Jestliže uvidíme odstín monochromatické barvy a stejný odstín namíchaný ze spektrálních barev, oko vyhodnotí odstíny jako stejné, i když v podstatě budou rozdílné.

Sytost (čistota): Je to podíl intenzity světla dané spektrální barvy a celkové intenzity. Lze říci, že vyjadřuje, jak moc se daná barva liší od šedé achromatické barvy. Jestliže neobsahuje žádnou příměs bílé ani černé, jedná se o 100% sytou barvu. Nejsytější jsou monochromatické barvy.

Jas: Vyjadřuje, kolik je schopna měřená barva odrazit světla ze světelného zdroje. Měří se v cd/m^2 (kandela na metr čtvereční) a značí se jako *L*.

5.2 Atlasy barev

Patří mezi standardy, podle kterých můžeme objektivně hodnotit předložené vzorky. Pomocí atlasu pak můžeme přiřadit vcelku přesně „dvojníka“ barvy vzorku. I když atlasy mají omezený počet barev (většinou okolo 10-ti tisíc), tak lidské oko tento nepatrný rozdíl v odstínu barvy nepostřehne a porovná oba vzorky jako stejné.

Aby se s atlasem dalo dobře pracovat, jsou to takové systémy, ve kterých jsou barvy velmi jemně a rovnoměrně odstupňovány.

Druhy atlasů a jejich uspořádání jsou různé:

- barevný trojúhelník
- Ostwaldův systém
- Munsellův systém
- Systém DIN 6164
- Atlas NCS a jiné



Obrázek 11 Munsellův atlas - odstínové karty

6. Návrh grafických symbolů

6.1 Úvod

Při navrhování symbolů, jsem musela vzít v potaz jak účel značek, srozumitelnost symbolů, tak i české státní normy, podle kterých se řídí velikost, tvar i barevnost jednotlivých značek.

Omezila jsem slovní vyjádření značek, protože v posledních letech cestuje a pracuje čím dál více lidí na mezinárodní úrovni a stává se velmi často, že lidé nerozumí plně řeči hostitelské země. Z těchto důvodů je zapotřebí používat značky s mezinárodně uznávanými symboly a barvami.

6.2 Druhy symbolů.

Symbole jsem vybírala s ohledem na četnost použití. Například na veřejných místech jako jsou obchody, úřady apod. se nejčastěji setkáme se značením únikových cest a požárních značek. Často se bohužel stane, že v hlavně v obchodních centrech tyto důležité symboly zapadnou mezi jiným značením vnitřní orientace prostoru a mezi upoutávkami obchodních značek. Tedy ze značení únikových cest a symbolů určujících bezpečí jsem vybrala únikové východy, šipky směru úniku, pitnou vodu.

Dále jsem vybírala ze zákazových značek zákaz kouření, který se v dnešní době potlačující kouření vyskytuje velmi často a je důležitý i v provozech, kde může hrozit vznik požáru. Ze značek výstražných – pozor schod, pozor práh, protože při evakuaci osob, kdy je potřeba rychle opustit dané místo a lidé jsou nepozorní, může hrozit nebezpečí pádu a úrazu.

Při výběru jsem se také snažila použít značky s různými druhy bezpečnostních barev a také se sníženým kontrastem a jinými experimentálními barvami, pro porovnání, jak se různé kontrasty chovají při snížených hladinách osvětlení. Tedy bylo možné porovnávat jasy barev jasně viditelných pro oko při fotopickém vidění a při skotopickém vidění, kdy je předpoklad lepšího vnímání barev s kratší vlnovou délkou (modrá, zelenomodrá) a porovnávat snížené kontrasty (předpoklad lepšího vnímání kratších vlnových délek nezajistí dostatečnou viditelnost značek, pokud není zajištěn dostatečný kontrast).



Obrázek 12 Výchozí symboly pro návrhy nových značek

Pro značky jsem se snažila volit jednouché stylizované grafické symboly, které jsou obecně známé a spojované s určitou situací. Zároveň jsem se snažila o větší reálnost pohybu (u běžícího člověka) a modernější pojetí. Dala jsem přednost zaobleným liniím, pro jejich estetičnost. Tyto linie jsem se snažila udržet ve všech podobách značení, aby se sjednotil grafický styl symbolů. Často jsou prodávány různé značky od různých výrobců a styl je tak nejednotný.

U všech značek se bere v potaz norma ČSN ISO 3864, která udává poměry velikostí stran, úseček a ohraničení u jednotlivých značek.

Veškeré symboly jsou navrženy v programu Adobe Illustrator jako vektorová grafika.

6.2.1 Návrh dle normy ČSN ISO 3864

Norma 3864-1 pojednává o grafických symbolech a vymezuje jejich tvary, rozměry a fyzikální pojmy dotýkající se této sféry jako je jas, součinitel odrazivosti apod. Při návrhu nových značek se musí brát ohled na všechny následující pojmy. Níže cituji z normy ČSN ISO 3864-1, neboť nepovažuji za nutné přepisovat definice vlastními slovy:

Součinitel vratného odrazu: podíl svítivosti (I) plochy odrazového materiálu ve směru pozorování a součinu osvětlení (E_{\perp}) odrazového povrchu v rovině ke směru dopadajícího světla a této plochy (A).

Musí být měřen podle CIE NO.7 VOL: D 1960: str. 566-571 (jednání 14. Zasedání v Bruselu) za použití normalizovaného světla A, za podmínky, že vstupní a pozorovací úhel jsou ve stejné rovině

Kritický detail (critical detail): prvek (základní součást) grafického symbolu, bez něhož není tento grafický symbol srozumitelný

1 O. Zmeškal, M. Čeppan, P. Dzik: Barevné prostory a správa barev (10/2002)

Fluorescence: fotoluminiscence, při které emitované optické záření vzniká přímým přechodem od vyšší, fotonem vybuzené energetické hladiny k nižší, přičemž tento přechod obvykle proběhne do 10 vteřin.

Kontrastní jas (luminiscence contrast): podíl jasu kontrastní barvy L_1 a jasu bezpečnostní barvy L_2 , kde L_1 je větší než L_2 .

Platí vztah

$$K = \frac{L_1}{L_2} \quad (3)$$

Činitel jasu (luminence factor): podíl jasu uvažovaného prvku povrchu v daném směru a jasu prvku prostupového nebo odrazového dokonalého rozptylovače stejně osvětleného.

Luminiscence (luminiscence): emise optického záření látkou, která převyšuje svou intenzitou teplotní záření látky při stejné teplotě.

Běžný materiál: materiál, který není odrazový ani světélkující.

Odrazový materiál (retroreflecting material): materiál, který odráží záření v přesně opačném směru, než ze kterého přichází.

Fotoluminiscence (photoluminiscence): luminiscence buzená pohlčením optického záření.

Bezpečnostní barva (safety colour): barva zvláštních vlastností, které je přiřazen bezpečnostní význam.

Bezpečnostní značení (safety marking): značení, které používá bezpečnostní barvy ke sdělení bezpečnostní zprávy, ke zdůraznění nějakého objektu nebo význačného místa.

Bezpečnostní značka (safety sign): značka získaná kombinací barvy a geometrického tvaru, která podává všeobecné bezpečnostní sdělení a která připojením grafického symbolu podává konkrétní bezpečnostní informaci.

Doplňková značka (supplementary sign): podpůrná značka jiných značek, jejímž účelem je poskytnout objasňující vysvětlení. [12]

6.2.2 Bezpečnostní barvy

Jak už výše uvádí norma ČSN ISO 3864-1, bezpečnostním barvám je přiřazován určitý význam. Obecně jsou dána pravidla, kolik procent by měla zabírat bezpečnostní barva na značce, jaké kombinace barev jsou povolené a povolený rozsah odstínů barev v CIE XY prostoru.

Pro měření trichromatických souřadnic se používá normalizované světlo D65 (podle ISO/CIE 10523) podle geometrie 45/0.

Barevnostní význam bezpečnostních barev:

Červená - signalizuje nebezpečí či výstrahu. Jestliže značku s touto barvou vidíte, máte přerušit činnost, nebo je symbolizovaná činnost zakázána. Také signalizuje zastavení.

- Použití na zákazové značky, označení protipožárních prostředků, bezpečnostně požárních zařízení

Žlutá, oranžová, žlutozelená – upozorňuje na nebezpečí, dává výstrahu před nějakým rizikem

- Používá se na značky upozorňující před hrozícím nebezpečím např. pádu ze schodů, zakopnutí, sníženým podhledem. také mohou upozorňovat na

chemické nebezpečné látky, riziko výbuchu či poranění elektrickým proudem.






Modrá – symbolizuje příkaz, tedy při spatření takové značky, se člověk musí zachovat podle naznačeného příkazu. Často nařizují použití ochranných pomůcek nebo nařizují činnost pouze na určitém místě.

- Označení míst, kde lze kouřit, všeobecný příkaz s dodatkovou tabulkou určující bližší podrobnosti, příkazy pro použití ochranných pomůcek jako brýle, plynová maska apod.

Zelená – barva pro bezpečí

- Označující únikové cesty, bezpečná místa jako poskytnutí první pomoci, telefon pro nouzové volání, bezpečnostní sprcha a výplach očí.

V následující tabulce je uveden přehled možných značek, barev a jejich povolených kontrastních kombinací.[12]

VÝZNAM	TVAR	BARVA	BAREVNÁ KOMBINACE	PŘÍKLAD
ZÁKAZ	Kruh	Červená	Kruhový,šikmý pás - červená Pozadí – bílá Symbol – černá Okraj(lemování) - bílá	
VÝSTRAHA	Trojúhelník	Žlutá, oranžová, žlutozelená	Trojúhelníkový pás – černá Pozadí – žlutá Symbol – černá Okraj – žlutá nebo bílá	
PŘÍKAZ	Kruh	Modrá	Pozadí – modrá Symbol – bílá Okraj - bílá	
BEZPEČÍ	Obdélník nebo čtverec	Zelená	Pozadí – zelená Symbol – bílá Okraj - bílá	
DODATKOVÁ TABULKA	Obdélník nebo čtverec	Barva hlavní značky	Barevná kombinace jako u hlavní značky	

Tabulka 1 Přehled bezpečnostních značek

Barva	DIN 6164	Munsell	NCS
Červená	7,5:8,5:3	7,5 R 4/14	S 2080- R
Modrá	16,7:7,2:3,8	2,5 PB 3/10	S 4060- R 90B
Žlutá	2,5:6,5:1	10 YR 7/14	S 1070- Y 10R
Zelená	21,7:6,5:4	5 G 4/9	S 3060- G
Bílá	N:0:0,5	N 9,5	S 0500- N
Černá	N:0:9	N 1	S 9000- N

Tabulka 2 Charakteristika bezpečnostních barev pomocí základních atlasů barev

6.2.2.1 Velikost bezpečnostních značek vzhledem k pozorovací vzdálenosti

Pro stanovení velikosti instalované značky doporučuje ČSN ISO 3864-1 použít tento vzorec:

$$h = l / Z \quad (4)$$

h - výška bezpečnostní značky

l - pozorovací vzdálenost

Z - číselník pozorovací vzdálenosti $Z = 1 / \tan \alpha$

α - úhel zvětšení

Přibližné hodnoty číselníku Z používané v praxi:

Z = 40 pro zákazové, výstražné a příkazové značky.

Z = 100 pro únikové, požární, informační a dodatkové značky.

Z = 300 pro texty na informačních a dodatkových značkách maximálně do vzdálenosti 25 m.

Výškou značky se rozumí:

- u zákazových a příkazových - absolutní průměr znaku
- u výstražných - 0,817 x absolutní šířka značky
- u informačních, únikových, požárních a doplňkových - absolutní výška značky

6.2.2.2 Velikosti prodáváných značek na vyznačení únikových cest, nebo protipožárních zařízení

Velikost značek	Rozeznatelná vzdálenost
15,0 x 15,0 cm	15,0 m
15,0 x 30,0 cm	15,0 m
20,0 x 20,0 cm	20,0 m
20,0 x 40,0 cm	20,0 m
30,0 x 30,0 cm	30,0 m

Tabulka 3 Velikosti prodáváných značek na vyznačení únikových cest, nebo protipožárních zařízení

6.3 Barevný prostor CIE

Pro výpočet barevnostních odchylek byly nejdříve změřeny souřadnice jednotlivých barev v CIE $L^* a^* b^*$ prostoru. Výpočet v tomto barevném prostoru umožní objektivně stanovit reálné rozdíly barev a to podle vzorce:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Vysvětlení tohoto vzorce je uvedeno níže v následující podkapitole.

6.3.1 Standardní barevný prostor CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) – CIELAB

Pravoúhlé osy tohoto prostoru tvoří měrná světlost L^* , která nabývá hodnot z intervalu 0 (černá) až 100 (bílá), a dvě chromatické osy a^* a b^* . Osa a^* probíhá od zelené barvy k červené, osa b^* od modré ke žluté.

Souřadnice barvy se počítá z trichromatických složek pro $X > 0,008856X_n$, $Y > 0,008856Y_n$ a $Z > 0,008856Z_n$ pomocí následujících vztahů

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - 16 \quad (5)$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right] \quad (6)$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right], \quad (7)$$

kde X_n, Y_n, Z_n jsou trichromatické složky použitého normalizovaného světla. Pro ostatní X, Y, Z se provádí lineární extrapolace.

Z chromatických souřadnic a^* a b^* prostoru CIELAB lze vypočítat veličiny, které jsou intuitivní, protože odpovídají lidskému pojetí tvorby barev. Je to měrná čistota - *chroma* C^*_{ab} (sytnost) a měrný úhel barevného tónu - *hue* h°_{ab} (barevný tón, odstín),

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (8)$$

$$h^{\circ}_{ab} = \arctg \left(b^*/a^* \right). \quad (9)$$

Měrná čistota barvy určuje vzdálenost od středu chromatické roviny a^*b^* , odstín udává úhel ve stupních v rovině a^*b^* , počátek je na kladné poloose a^* (červená 0°), další poloosy odpovídají následujícím barvám: b^* (žlutá 90°), $-a^*$ (zelená 180°), $-b^*$ (modrá 270°). Podobné vlastnosti má standardní barevný prostor CIE 1976 ($L^*u^*v^*$) – CIELUV. Barevný prostor CIELAB (CIE LUV) umožňuje také výpočet objektivních odchylek ΔE^*_{ab} (rozdíl barev) mezi jednotlivými barvami z odchylek jasů ΔL^* a odchylek chromatických souřadnic Δa^* (resp. Δu^*) a Δb^* (resp. Δv^*) a to pomocí vztahu $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$. Rozdíl barev ΔE^*_{ab} představuje důležitou, obecně uznávanou metodu hodnocení rozdílu barev. Podle její velikosti lze hodnotit např. kvalitu monitorů, shodu mezi tisky apod. Pro snadnější orientaci byla stanovena stupnice udávající stupeň neshody dvou barev (viz tab.).¹[9]

¹ ZMEŠKAL, Oldřich, ČEPPAN, Michal a Petr DZIK. Barevné prostory a správa barev. [Online] 10/2002. [cit.

ΔE^*	Rozdíl	ΔE^*	Rozdíl
0,0 až 0,2	Nepostřehnutelný		
0,2 až 0,5	Velmi slabý	0,2 až 1,0	Postřehnutelný
0,5 až 1,5	Slabý	2,0 až 4,0	Rozeznatelný
1,5 až 3,0	Jasně postřehnutelný	4,0 až 8,0	Ještě nerušící
3,0 až 6,0	Střední		Mírně rušící
6,0 až 12,0	Výrazný		
12,0 až 16,0	Velmi výrazný		
větší než 16,0	rušící		

Tabulka 4 Stupnice neshody dvou barev

7. Experiment

Praktická část je zaměřena na testování navržených značek s vysokým a se sníženým kontrastem. Osvětlení odpovídalo situacím při sepnutí nouzového osvětlení. Podle normy ČSN EN 1938 [10] má být nejmenší možná osvětlenost při podlaze vnitřní komunikace nejméně 1 lx [11]. Tedy není zde předpoklad, že by hodnota osvětlení při evakuaci či jiných nouzových podmínkách byla nižší. Proto testování značek probíhalo při osvětlenosti od 55,5 lx po 1,2 lx.

V rozmezí 10 lx – 10⁻³ lx jsou citlivější S-čípky a tyčinky než L-čípky, reagující na dlouhovlnné světlo (červená, oranžová). Jedná se o mezopické vidění, kdy se projevuje Purkyňův jev popsáný v teoretické části. V takovýchto hladinách osvětlení by tedy lidské oko mělo lépe rozeznávat barvy z krátkovlnného spektra fialových, modrých a zelenomodrých odstínů. Tyto barvy byly aplikovány na některé značky a porovnávány s ostatními, aby se mohlo posoudit, jestli má v těchto hodnotách osvětlenosti smysl používat barvy krátkovlnného světla.

V neposlední řadě bylo záměrem porovnat, jaké druhy kontrastů jsou schopni pozorovatelé dobře rozpoznat a jaké už ne při nízkých osvětlenostech, neboť kontrast zajišťuje dostatečnou rozpoznatelnost symbolů použitých na značkách. Jedná se snad o nejdůležitější část při navrhování nových značek.

7.1 Použitá zařízení

Furnsworth-Munsell 100 Hue test- test pro vyšetření barvocitu.

Luxmetr – Minolta Illuminance meter T - 1

Koloristická skříň – ATcolor 4

Filtry – akrylátové desky s fóliemi od firmy EWF (euro window films).

Název	Odražené světlo v %	Propuštěné světlo v %
N- Black 20	4,80	19,00
N-Black 35	5,10	31,60
N-Black 50	6,00	48,90

Tabulka 5 Fólie firmy EWF

Na akrylátové desky byly aplikovány fólie, tak aby se intenzita propuštěného světla snižovala až na hranici mezopického a skotopického vidění.

Spektrofotometr - Datacolor- Microflash 200d Portable Spectrophotometer



7.2 Průběh experimentu

Experiment probíhal za úplného zatmění místnosti. Pozorovatelům byly prezentovány značky v koloristické skříni nejprve pod nejvyšším osvětlením v hodnotě 1280 lx. Bylo použito světlo s $T_{cp} = 6500K$ a zářivky Osram Biolux s barevným podáním ≥ 90 . Aby bylo dosaženo snížené hladiny osvětlení, musela být poté jedna zářivka odstraněna, následně byl pod světlo aplikován filtr, který hladinu osvětlenosti snížil na 55,5 lx. Takto bylo postupováno s dalšími třemi filtry. Dosažené hladiny osvětlenosti jsou uvedeny v následující tabulce. Značky vybrané pro test byly prezentovány ve stejném pořadí v každé hladině. Pozorovatelé měli sdělit jak dobře jednotlivé značky rozeznávají. Pro posouzení používali stupnici 1 – 10, kde 1 je nejlepší viditelnost a 10 nejhorší. Stupeň 10 znamená, že symbol nebyl vůbec rozeznatelný.

Filtr-propustnost udávaná výrobcem	Hladina osvětlenosti /lx/
-	1280
6%	55,5
0,6%	7,12
0,2%	2,57
0,1%	1,14

Tabulka 6 Propustnost filtrů vrstvených na sebe a dosažená hladina osvětlenosti

Testováno bylo sedm jedinců, kteří byli nejdříve podrobeni testu barvocitu, již výše zmiňovanému Farnsworth – Munsell 100 Hue test. Testování značek proběhlo pětkrát v jiné dny, aby se minimalizovala odchylka v hodnocení díky fyziologickému a psychologickému stavu pozorovatelů.

U všech pozorovatelů se prokázalo bezdefektní vnímání. Vyhodnocení objektivnosti pozorovatelů pomocí Farnsworth-Munsell 100 Hue test jsou uvedeny v příloze.

7.3 Vyhodnocení testu

Výsledkem testování značek byly následující grafy, které ukazují závislost barevného kontrastu na snižování hladin osvětlení.

Jsou zde uvedeny dva typy grafů pod sebou. U prvního typu jsou výsledky pozorovatelů do 35 let. Grafy pod nimi uvádí výsledky hodnocení pozorovatelů nad 50 let. Jsou zde prezentovány pro ilustraci, jak vnímají značky starší lidé.

V jednotlivých grafech jsou posuzovány značky se stejným grafickým symbolem ale různými kontrasty.

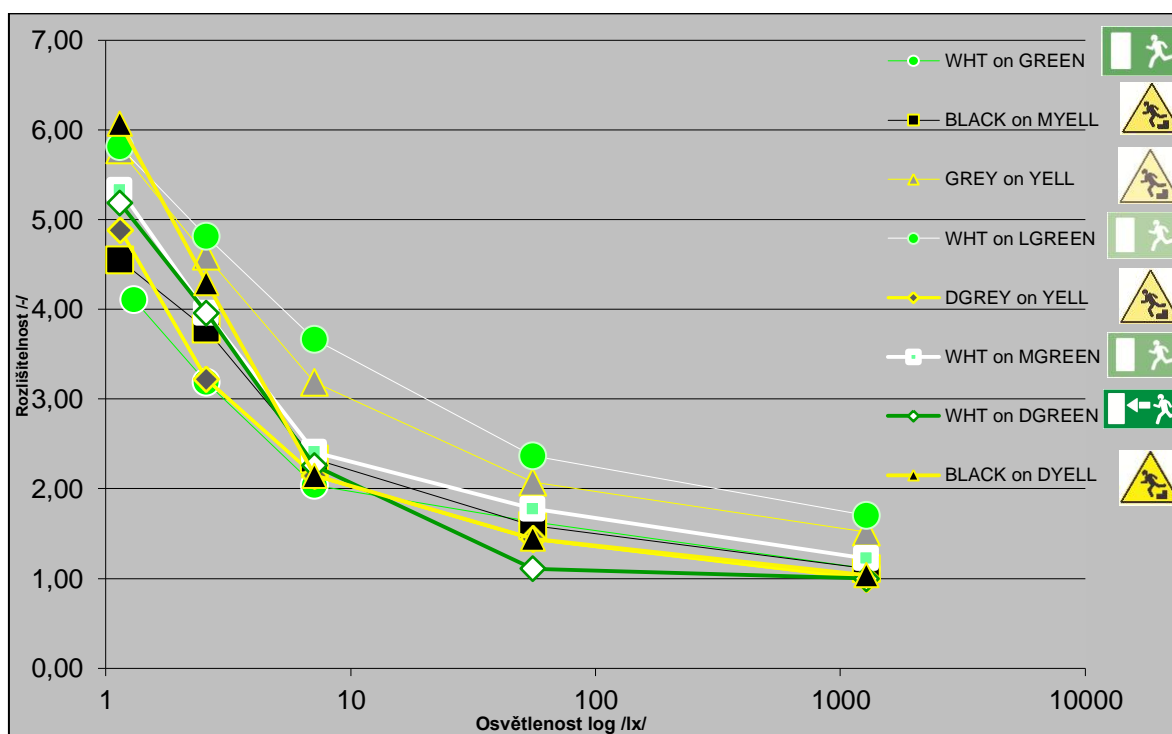
Z naměřených hodnot v CIELAB prostoru byly spočítány celkové barevné odchylky podle vzorce: $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$. Podle těchto odchylek lze posoudit velikost kontrastu mezi jednotlivými barvami použitými na značkách. U značek s vysokou hodnotou ΔE^* lze vypočítat hodnocení při vysoké hladině osvětlenosti značek jako velmi dobře rozpoznatelné. U značek s velmi nízkým barevným rozdílem lze zjistit hodnocení pozorovateli jako špatně rozpoznatelné nebo nerozpoznatelné ($\Delta E^* < 60$).

Na hodnocení měl při nízké osvětlenosti $< 10 \text{ lx}$ vliv i Purkyňův jev. Nastává za šera, kdy přestávají být aktivní L-čípky, které jsou citlivé v červené a žluté části světelného spektra. Oko začne lépe vnímat barvy s kratší vlnovou délkou. Proto jak popsal Purkyně, se jeví zelené modré a fialové odstíny světlejší než barvy červené, oranžové a žluté. Tento jev se projevil u značek zeleno-modrých a žlutočerných (výstražné a únikové). Žlutočerná značka s vyšším kontrastem ($\Delta E^* = 76$) byla nakonec vidět hůře, než značka úniková (zeleno-bílá), která měla menší barevnou odchylku ($\Delta E^* = 69$).

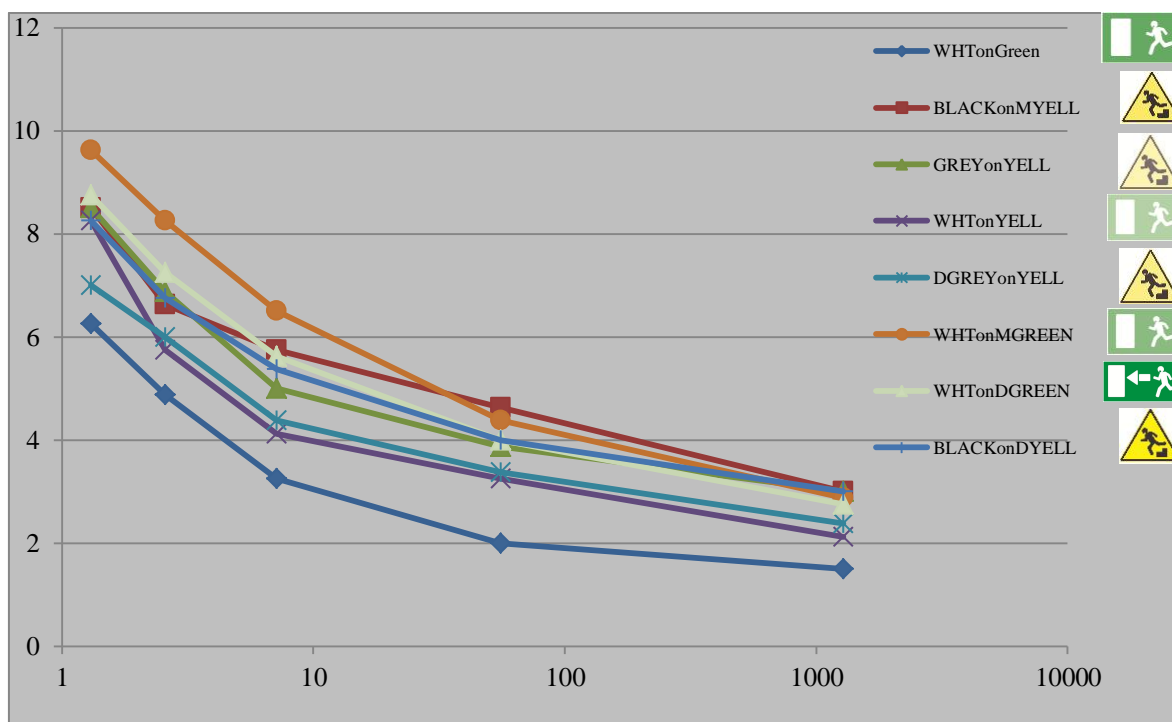
Z grafu č. 2 je patrné, že kombinace LBRAUN on BLUEGREEN($\Delta E^* = 58$)., LYELL on BLUE($\Delta E^* = 91$)., LORANGE on LPURPLE($\Delta E^* = 45$)., DBLUE on DPURPLE ($\Delta E^* = 27$) jsou všechny s nízkým kontrastem, až na kombinaci světlé žluté a modré, a jeví se pozorovatelům jako velmi málo rozpoznatelné. Je zajímavé, že značka se světle žlutou barvou má dostatečnou barevnou odchylku, avšak pozorovatelům se značka zdála velmi špatně viditelná.

Na grafu č. 3 můžete vidět značku s kombinací barev BRAUNonGREYBLUE s $\Delta E^* = 29$ a PINK on DPURPLE s $\Delta E^* = 26$, obě s velmi nízkým kontrastem a tedy i velmi špatně rozpoznatelné. Již při vysoké hladině osvětlení nebyly značky takřka rozpoznávány, při nízkých hladinách barvy splývaly téměř v jednu plochu.

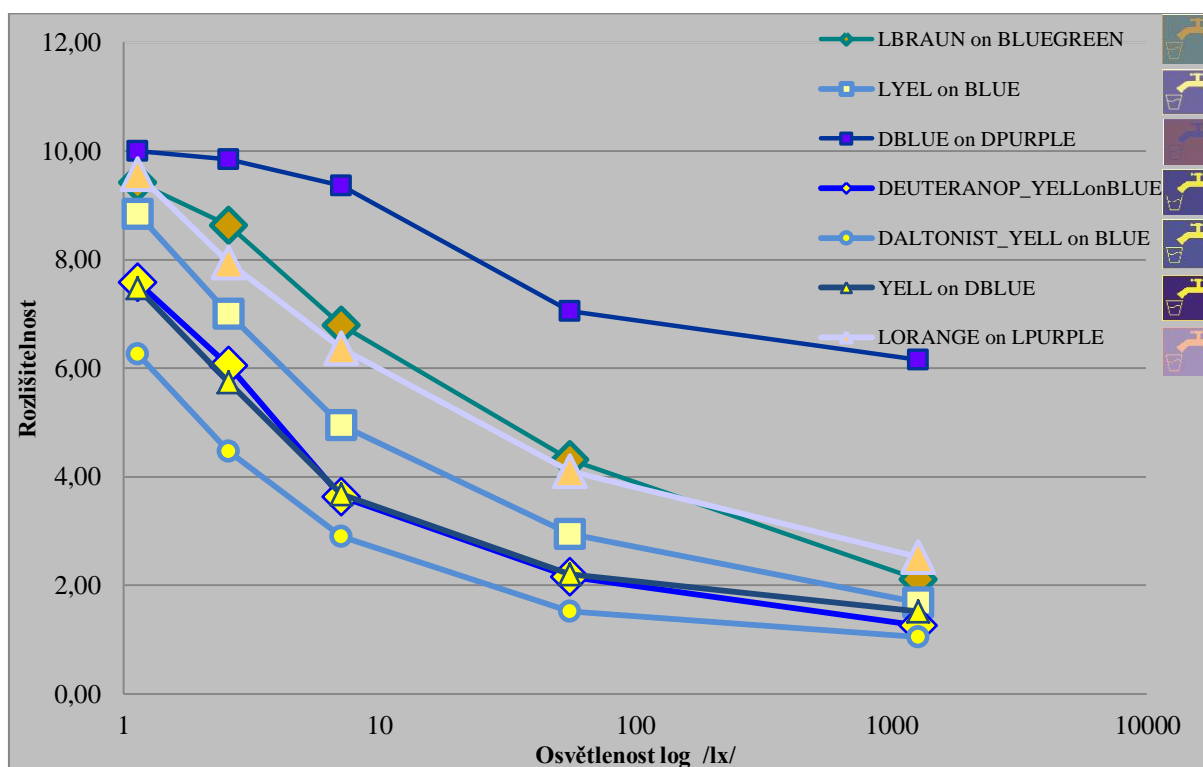
Na posledním grafu byly vyhodnocovány značky se směrovou prostorovou šipkou. Zde pozorovatelé nemohli příliš rozpoznat symbol jako takový již při normální hladině osvětlenosti. Barevnostně byla lépe vnímána výraznější zelená barva než druhá hnědozelená barva, která simulovala poruchu barvocitu u deuteranopa (porucha vnímání zelené barvy).



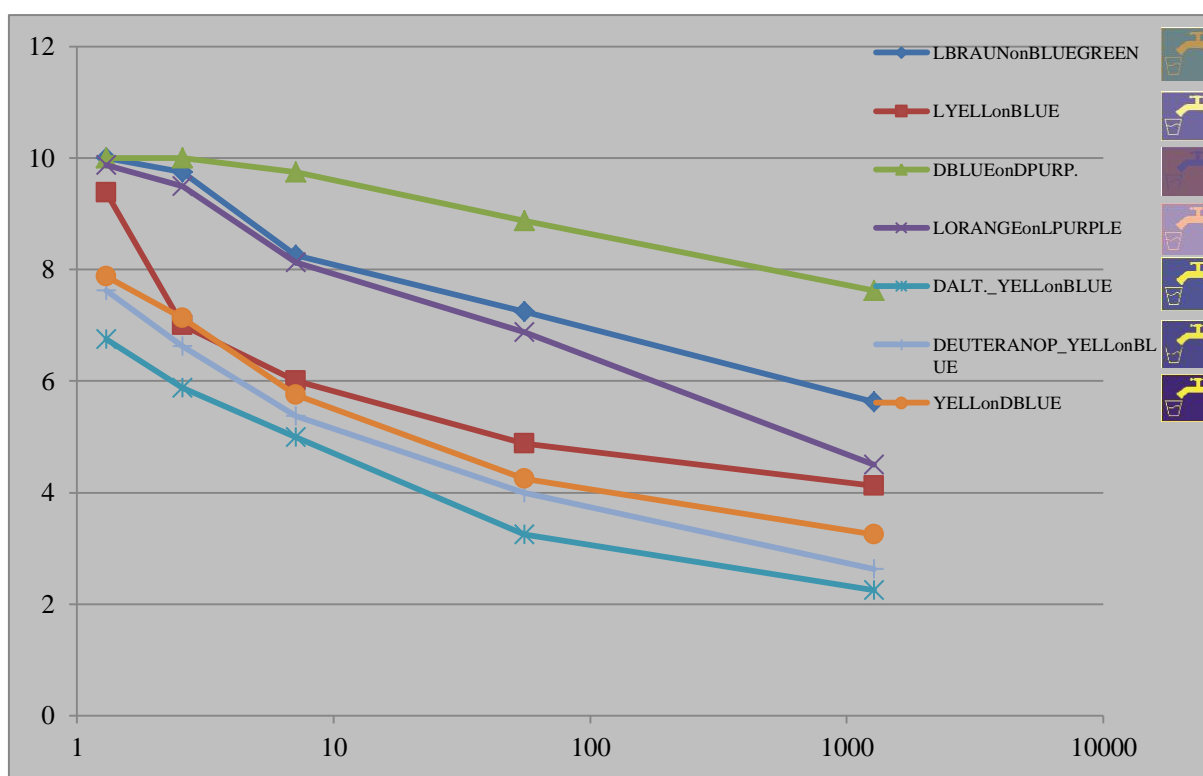
Graf 1 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značky - Únikový východ a Pozor schod



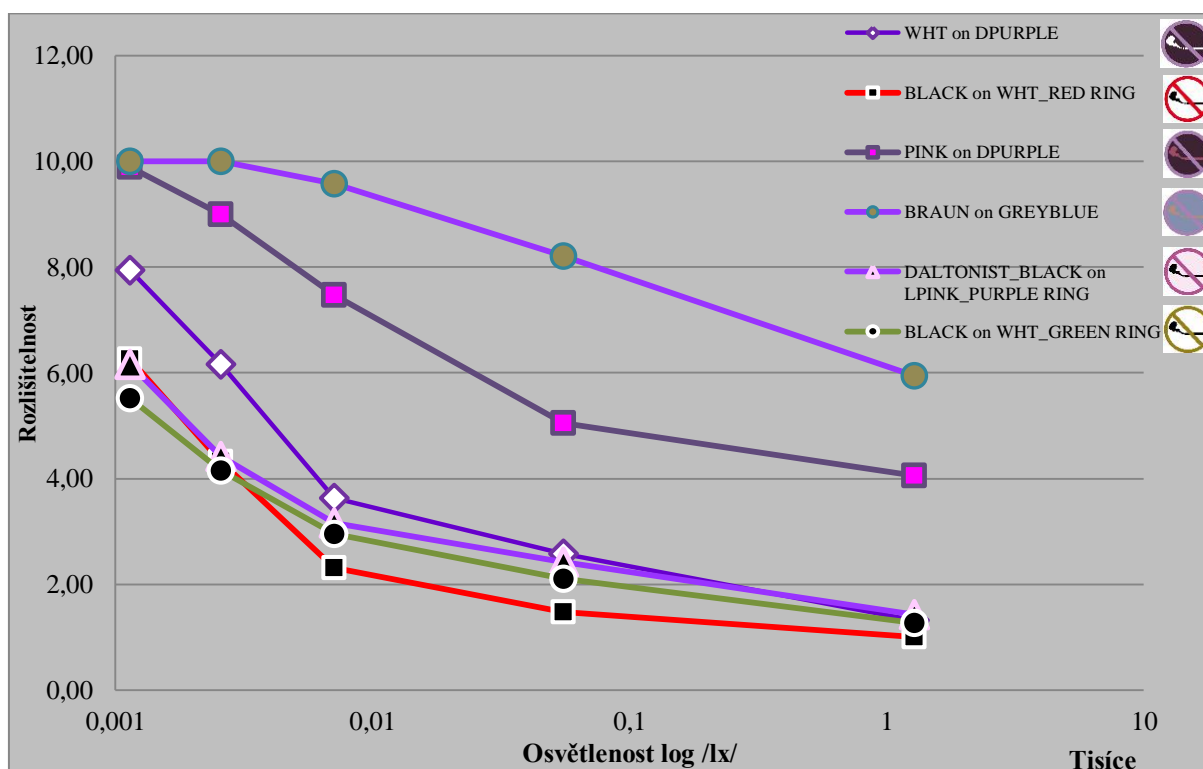
Graf 2 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značky - Únikový východ a Pozor schod u pozorovatelů nad 50 let



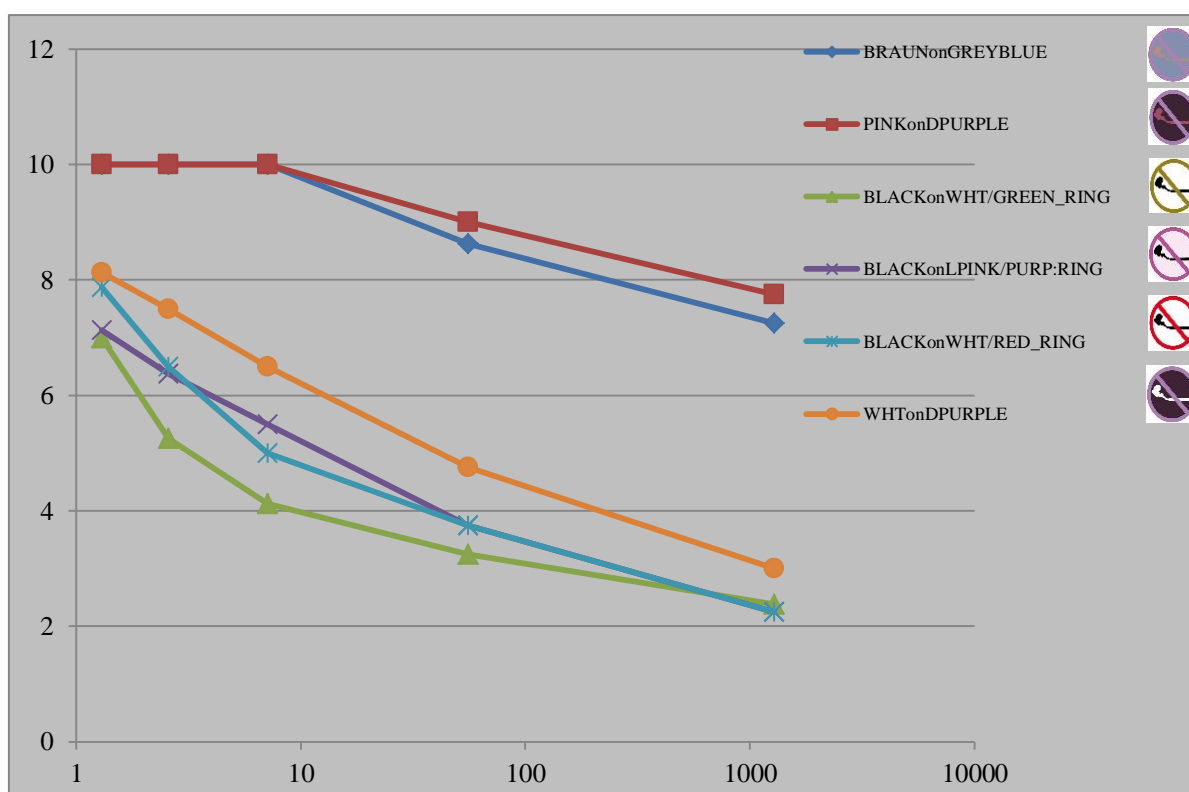
Graf 3 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Pitná voda



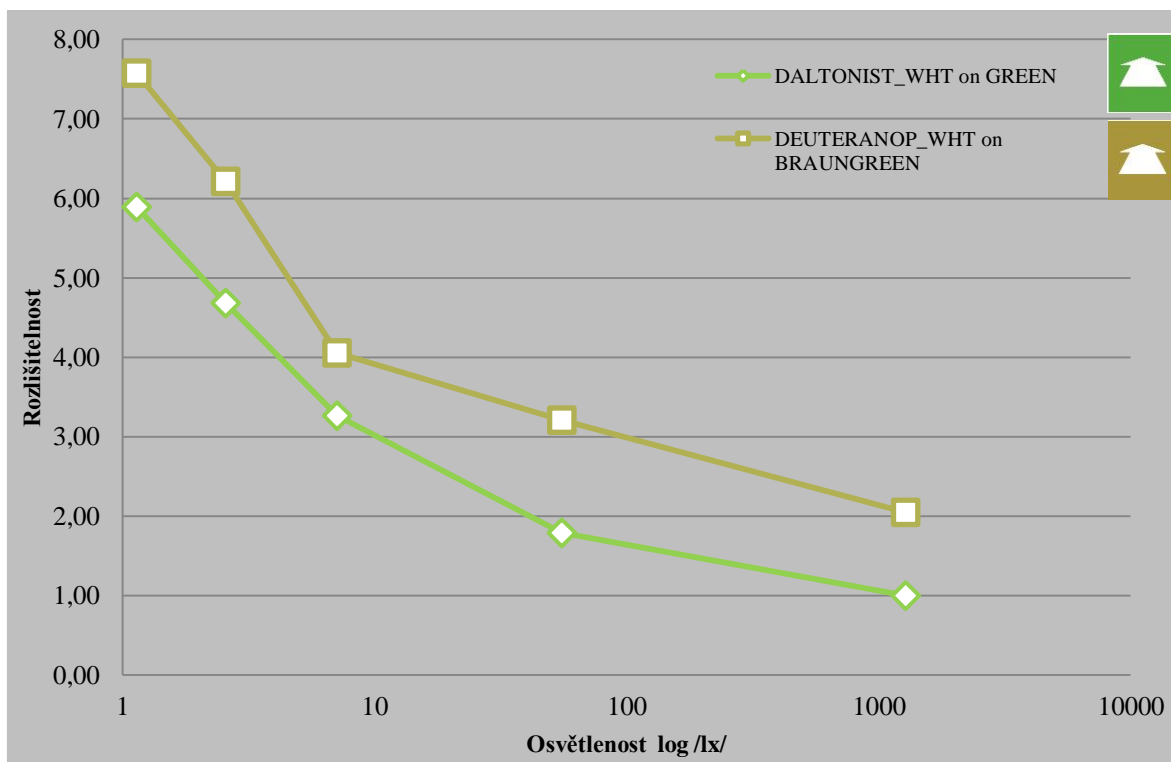
Graf 4 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Pitná voda u pozorovatelů nad 50 let



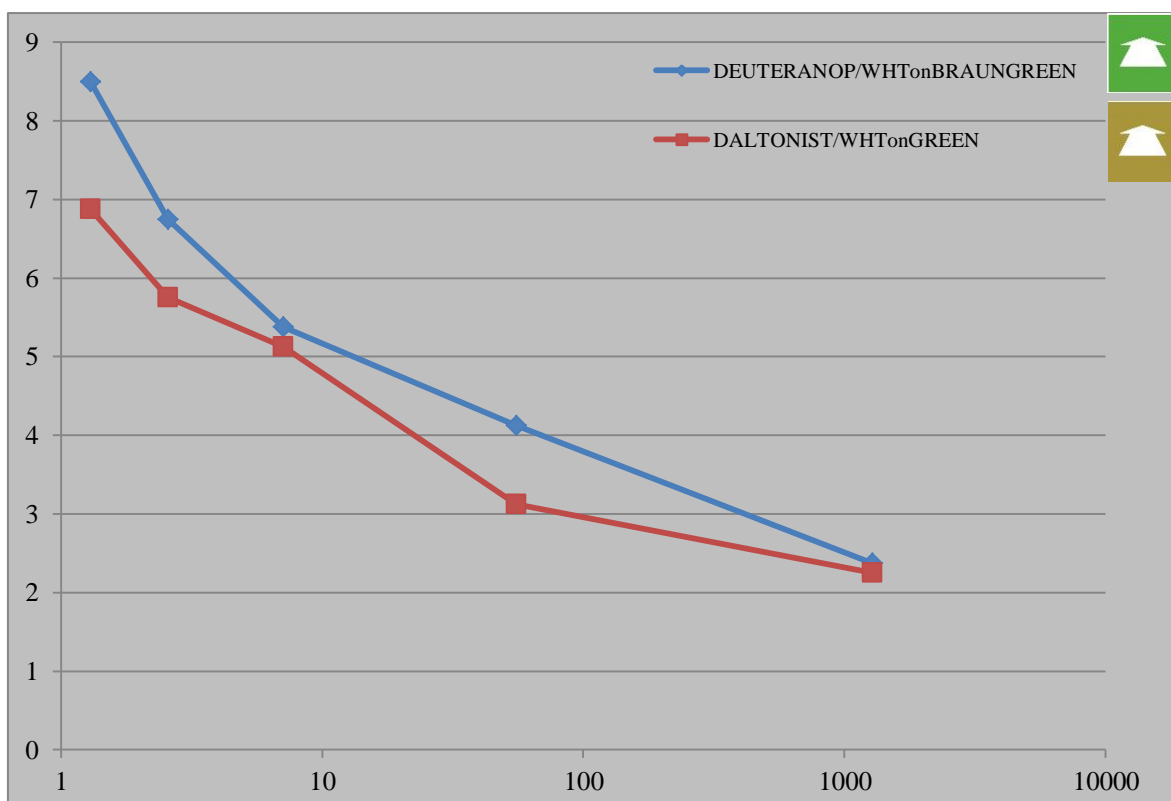
Graf 5 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Zákaz kouření



Graf 6 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Zákaz kouření



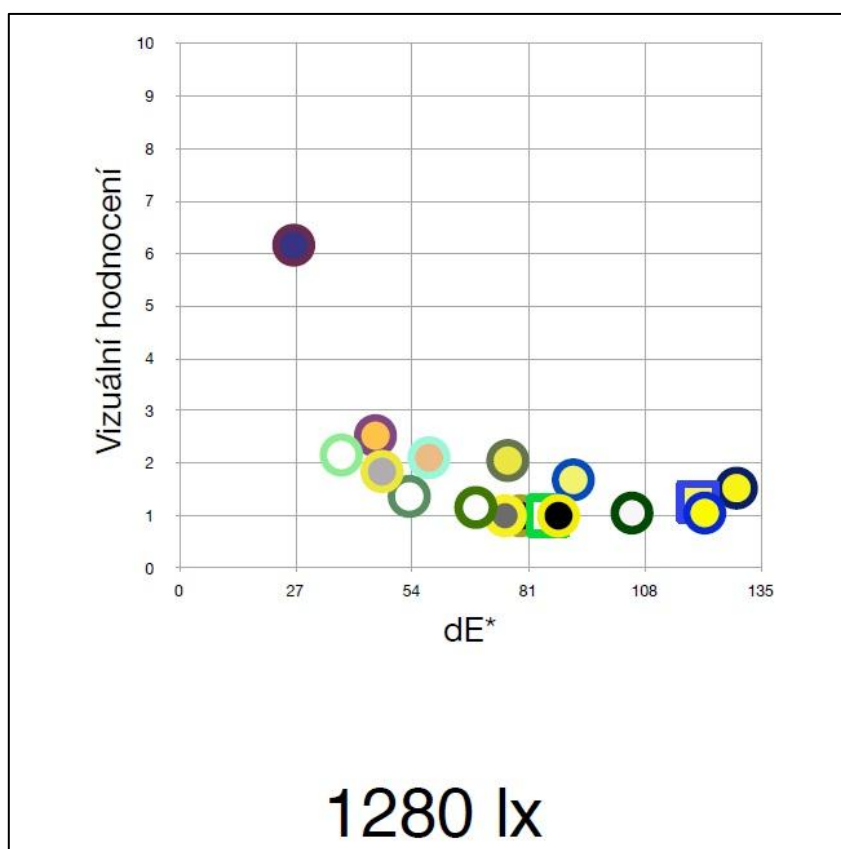
Graf 7 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku – Šipka ven



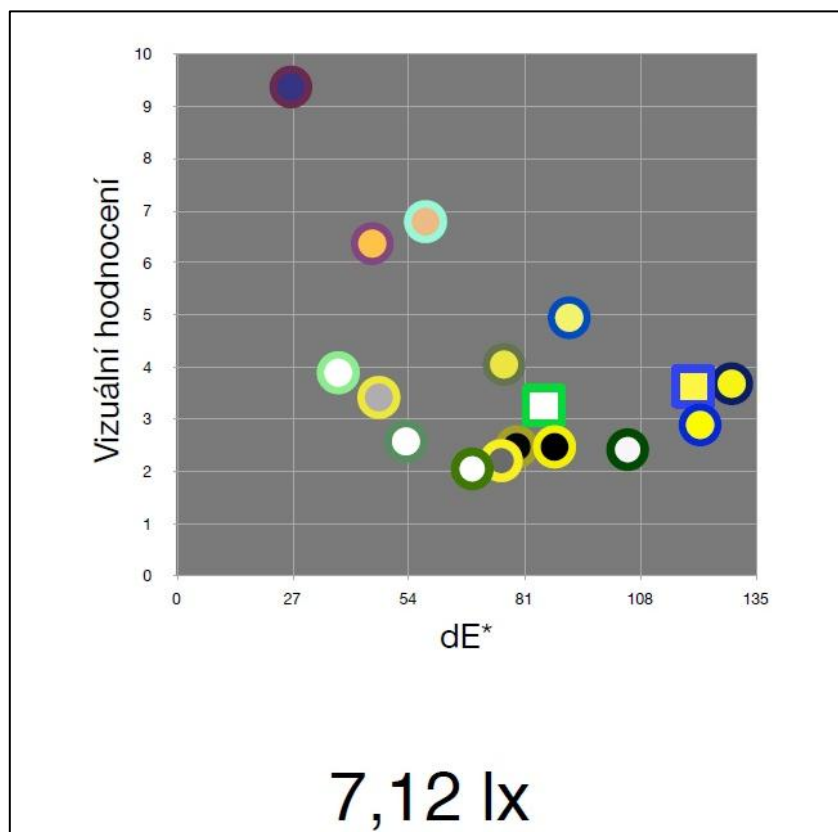
Graf 8 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku – Šipka ven u pozorovatelů nad 50 let

Z následujících grafů je patrné, jaký má vliv kontrast a Purkyňův jev na viditelnost značek. Je zde vidět posun vnímání při nižších osvětlenostech, při dostatečném kontrastu ale nízké osvětlenosti jsou značky s barvou z dlouhovlnného spektra (žlutá, červená) vidět hůř, než značky sice s menším kontrastem, ale s barvou, na kterou jsou citlivé M-čípky/ S-čípky (tedy spektrum zelená, modrá). U posledního grafu s nejnižší hladinou osvětlenosti je tento jev vidět nejlépe – žlutá na modré (YELL on DBLUE) má největší kontrast a při 1280lx je vidět výborně. Avšak při nižších osvětlenostech jsou L-čípky méně citlivé a žlutou barvu vidí oko hůře.

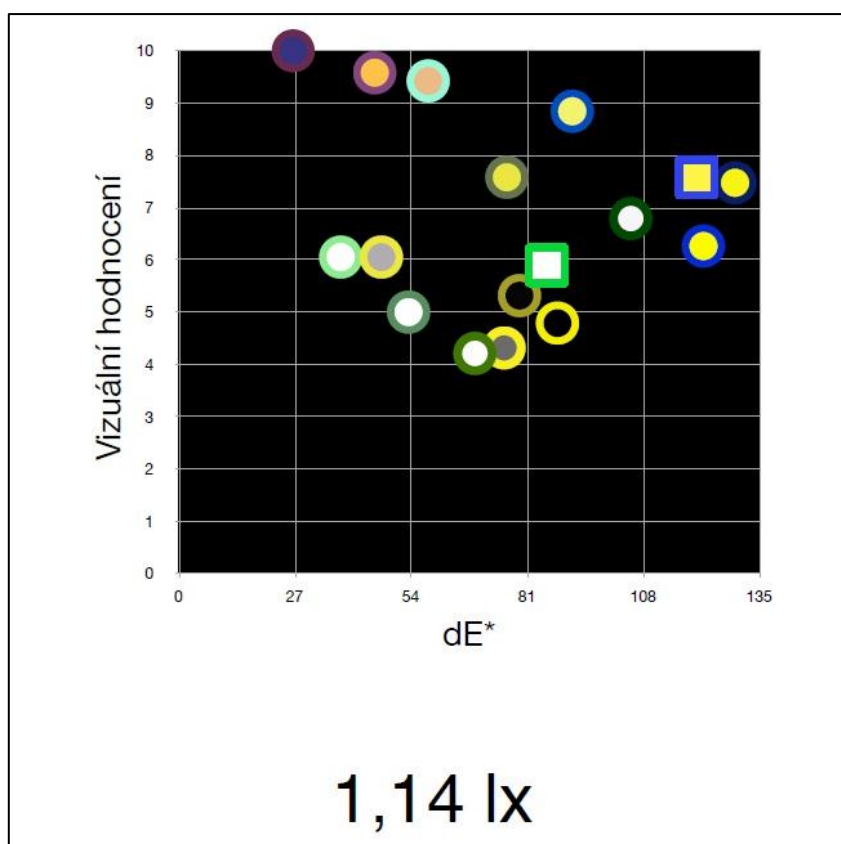
Při hodnocení se prokázalo, že lépe viditelné jsou značky s achromatickými symboly bílá na zelené nebo černá na žluté. U chromatických symbolů, jak je vidět z posunu bodů na grafu 10 a 11, byly značky vyhodnoceny jako nejhůře rozeznatelné.



Graf 9 Posun v hodnocení v závislosti na hladině osvětlenosti



Graf 10 Posun v hodnocení v závislosti na hladině osvětlenosti



Graf 11 Posun v hodnocení v závislosti na hladině osvětlenosti

8. Závěr

Z výše uvedených výsledků lze usoudit, že hodnota rozdílu kontrastu barev nemá při hladinách mezopického vidění takový význam jako při hladinách fotopického vidění.

Při těchto hladinách nabývá významu mezopická oblast vidění, Purkyňův jev, ale také věk pozorovatele. Na druhém typu grafů, jsou vidět rozdíly vnímání starších lidí. Tento posuv je způsoben stárnutím oka. Například čočka se zbarvuje lehce do žluta až žlutohněda, oko může ztratit vnitřní napětí, které je působené výplní sklivce (čirá rosolovitá a lomivá hmota), u něj nedochází o obnově. Také mozek může hůře zpracovávat přijímané signály ze sítnice.

Při hladinách menších jak 10lx se začíná projevovat Purkyňův jev a ten má následně na hodnocení vliv. Jak už bylo popsáno výše například u kombinace zelené a bílé barvy se dosáhlo lepšího výsledku rozeznatelnosti než u barvy žluté na modré, kdy je barevný rozdíl větší. Při snížených osvětlenostech však čípky citlivé na žlutou barvu přestávají být citlivé a na barvy reagují čípky v modrozelené, modrofialové části spektra. Proto lze také usoudit, proč jsou tyto značky hodnoceny jako špatně čitelné. Dá se říci, že díky Purkyňovu jevu se kontrasty vyrovnávají, protože modrou barvu začnou čípky vnímat více a barvu žlutou, kterou oko vnímalo lépe při fotopickém vidění, vnímá hůře. Dá se říci, že úroveň barevného vnímání se vyrovnávají a tak se stírá kontrast.

Z výsledků a grafů 9, 10, 11 lze vyvodit, že vhodnou barvou pro symboly značek jsou achromatické barvy (černá, bílá, tmavá šedá). Protože při nižších osvětlenostech oko vnímá více jasové složky barev.

8.1 Další postupy pro zlepšení návrhů

Pro komplexnější posouzení vlivu snižování hladin osvětlenosti by bylo dobré dosáhnout prahu dolní hodnoty mezopického vidění. Pro svou práci jsem toto nepovažovala za příliš důležité, neboť podle normy nouzového osvětlení ČSN EN 1938 by se nikdy nemělo stát, aby při podlaze vnitřní komunikace bylo naměřeno méně než 1lx.

Pro zlepšení viditelnosti navržených symbolů by bylo vhodné pro nízké osvětlenosti aplikovat na značky ještě fotoluminiscenční pigment, který by i při výpadku nouzového osvětlení zajistil dobrou viditelnost a tak i rychlý přesun osob do bezpečí.

Také lze zlepšit rychlost orientace aplikováním značek jak v úrovni očí, pro rychlou orientaci, ale také na podlahu nebo nízko vnitřní komunikace. Důvodem je například kouř při požáru, kdy se dýmem plní chodby, či místnosti od stropu a zhoršuje se tak rapidně orientace podle nouzového značení. Jedním z dalších důvodů je, že utíkající člověk spíše hledí dolů, aby včas reagoval na možné překážky.

Jako nejlepší možnost při výpadku osvětlení se jeví kombinace fotoluminiscenčních pásů ohraničující a zvýrazňující koridor únikové cesty a značek. Tyto pásy se mohou aplikovat i na možné překážky jako jsou sloupy apod.

Seznam obrázků

- OBRÁZEK 1 ANATOMICKÁ STAVBA OKA* 111
Zdroj: *Glaucoma eye* . [online]. Widen. [online]. 2008. [cit.5.2.2012] Dostupné na: <http://www.glaucoma-eye-info.com/Eye-Anatomy.html>
- OBRÁZEK 2 SÍTNICE* 13
Zdroj: *Leistungsvergleich: Komplexauge und Linsenauge*. [online]. 2000. [cit.5.2.2012] Dostupné na: <http://www.sinnesphysiologie.de/komplex/rezeptor.htm>
- OBRÁZEK 3 SVĚTLOČIVNÉ BUŇKY* 14
Zdroj: *Webvision*. [online]. 2004. [cit.26.1.2012] Dostupné na: <http://webvision.med.utah.edu/imageswv/scanEMphoto.jpg>
- OBRÁZEK 4 LANDOLTOVI PRSTENCE* 16
Zdroj: Widen. [online]. 2008. [cit.5.2.2012] Dostupné na: <http://www.eyesfirst.eu/Landolt-C-translucent-chart>
- OBRÁZEK 5 SNELLENŮV TEST* **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.** 16
Zdroj: Wikipedia. [online]. 2008. [cit.16.2.2012] Dostupné na: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Snellen_chart.svg
- OBRÁZEK 6 KŘIVKA ADAPTACE SÍTNICE NA SNÍŽENÍ INTENZITY SVĚTLA* 17
Zdroj: *Česká astronomická společnost*. [online]. 2008. [cit.13.3.2012] Dostupné na: <http://www.astro.cz/clanek/3519>
- OBRÁZEK 6 POROVNÁNÍ FOTOPICKÉHO, MEZOPICKÉHO A SKOTOPICKÉHO VIDĚNÍ* 19
Zdroj: *STOCKMAN , ANDREW, SHARPE, LINDSAY T. Into the twilight zone: the complexities of mesopic vision and luminous efficiency*. 2006. [cit .7.5 2012]
- OBRÁEK 7 SPEKTRÁLNÍ CITLIVOST ČÍPKŮ* 19
Zdroj: Wikipedie. [online]. 2012. [cit.10.2.2012] Dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Jodopsin>
- OBRÁZEK 8 ISHIHARŮV TEST* 21
Zdroj: Widen. [online]. 2008. [cit.5.2.2012] Dostupné na: <http://donnyadwin.blogspot.com/2012/02/tes-buta-warna-yuk.html>
- Obrázek 9 Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue test* 20
Zdroj: *Vlastní*

Zdroj: Widen. [online]. 2008. [cit.5.2.2012] Dostupné na: <http://premediablog.widen.com/blog/the-color-space/call-me-mr-biv-v1>.

Zdroj: Jaime Brett Treadwell. [online]. [cit.24.3.2012] Dostupné na: <http://www.jaimetreadwell.com/Dccc-Munsell-color-chart-system.htm>

Seznam tabulek

<i>Tabulka č. 1 Přehled bezpečnostních značek</i>	31
<i>Tabulka č. 2 Charakteristika bezpečnostních barev pomocí základních atlasů barev</i>	32
<i>Tabulka č. 3 Velikosti prodávaných značek na vyznačení únikových cest, nebo protipožárních zařízení</i>	33
<i>Tabulka č. 4 Stupnice neshody dvou barev</i>	35
<i>Tabulka č. 5 Fólie firmy EWF</i>	36
<i>Tabulka č. 6 Propustnost filtrů vrstvených na sebe a dosažená hladina osvětlenosti</i>	37

Seznam grafů

<i>Graf č. 1 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Únikový východ a Pozor schod</i>	40
<i>Zdroj: Vlastní</i>	
<i>Graf č. 2 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Pitná voda</i>	41
<i>Zdroj: Vlastní</i>	
<i>Graf č. 3 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku - Zákaz kouření</i>	42
<i>Zdroj: Vlastní</i>	
<i>Graf č. 4 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku – Šipka</i>	43
<i>Zdroj: Vlastní</i>	

Graf č. 5 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku – Šipka 43

Zdroj:

Graf č. 6 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku – Šipka 43

Zdroj:

Graf č. 7 Závislost barevných kontrastů na osvětlenosti pro značku – Šipka 43

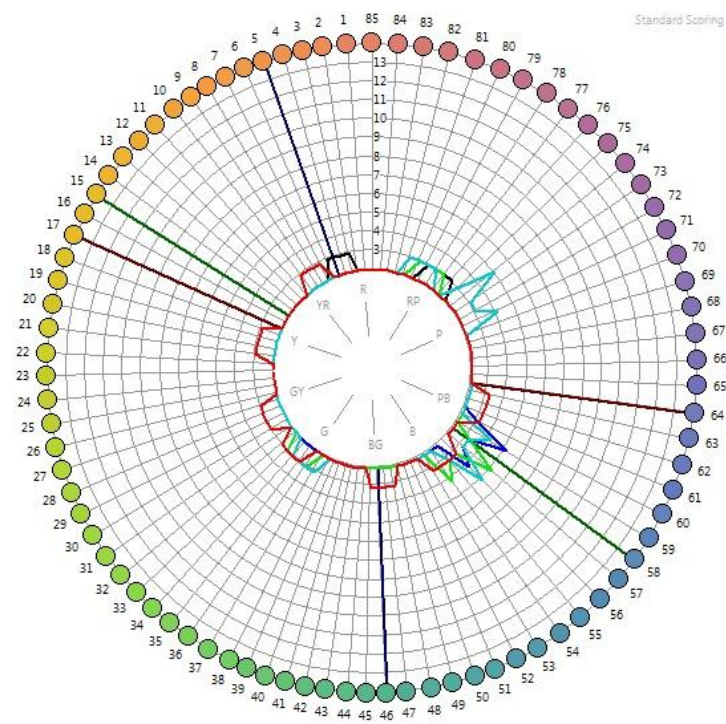
Zdroj:

Seznam symbolů a zkratek

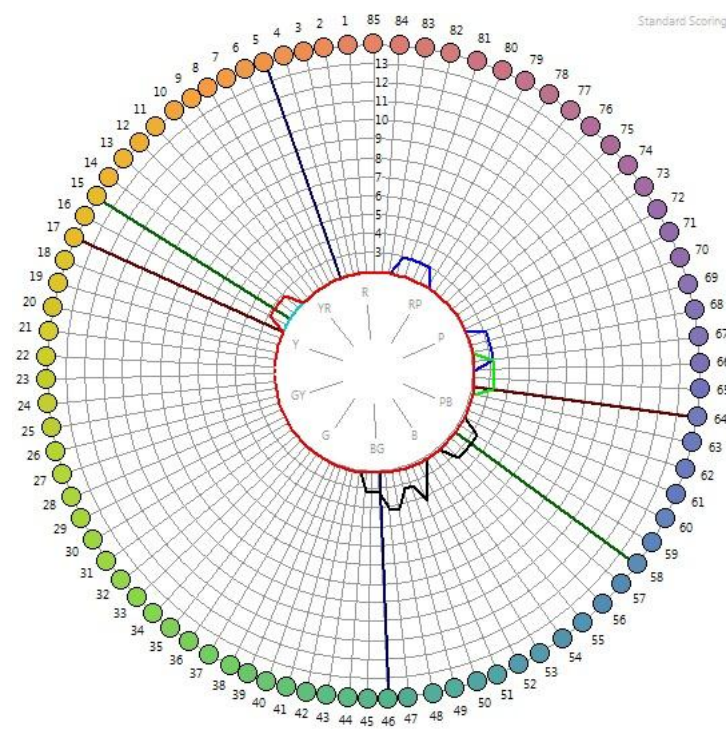
Symbol	Jednotka	Název
c	m/s	Rychlost světla
E	lx	Intenzita osvětlení
f	Hz	Frekvence
h	mm	Výška značky
l	mm	Vzdálenost
T	s	Perioda
T_{cp}	K	Teplota chromatičnosti
Z	°	Pozorovací úhel
λ	nm	Vlnová délka

Seznam příloh

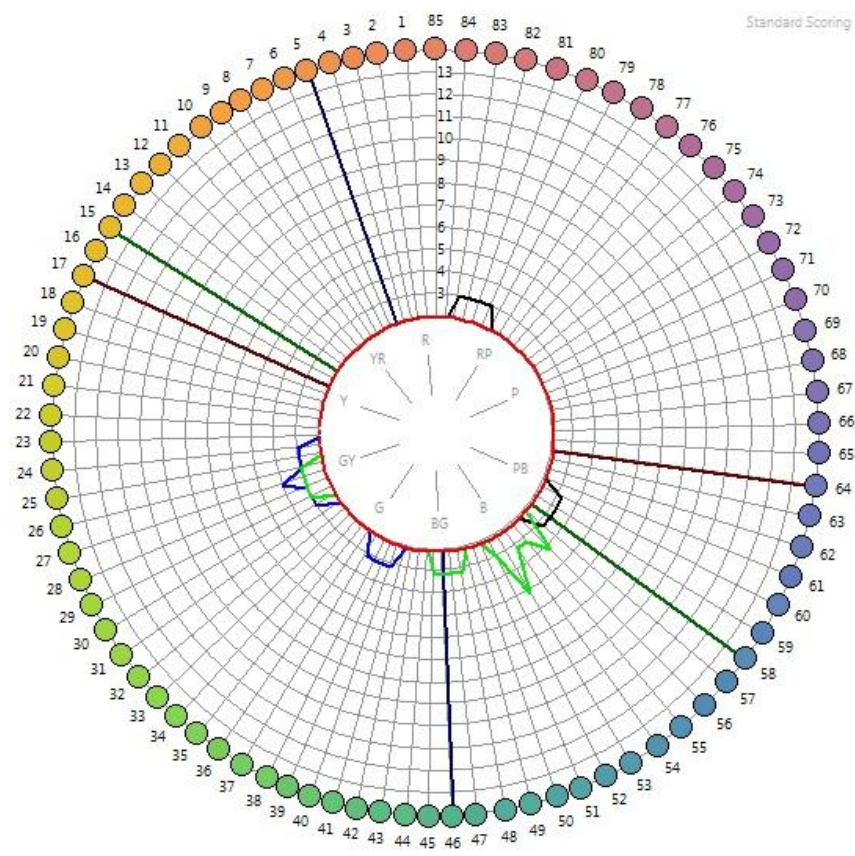
Vyhodnocení Farnsworth-Munsell 100 Hue test: V každém grafu jsou vyobrazeny všechny výsledky odchylek z jednotlivých testů dohromady.



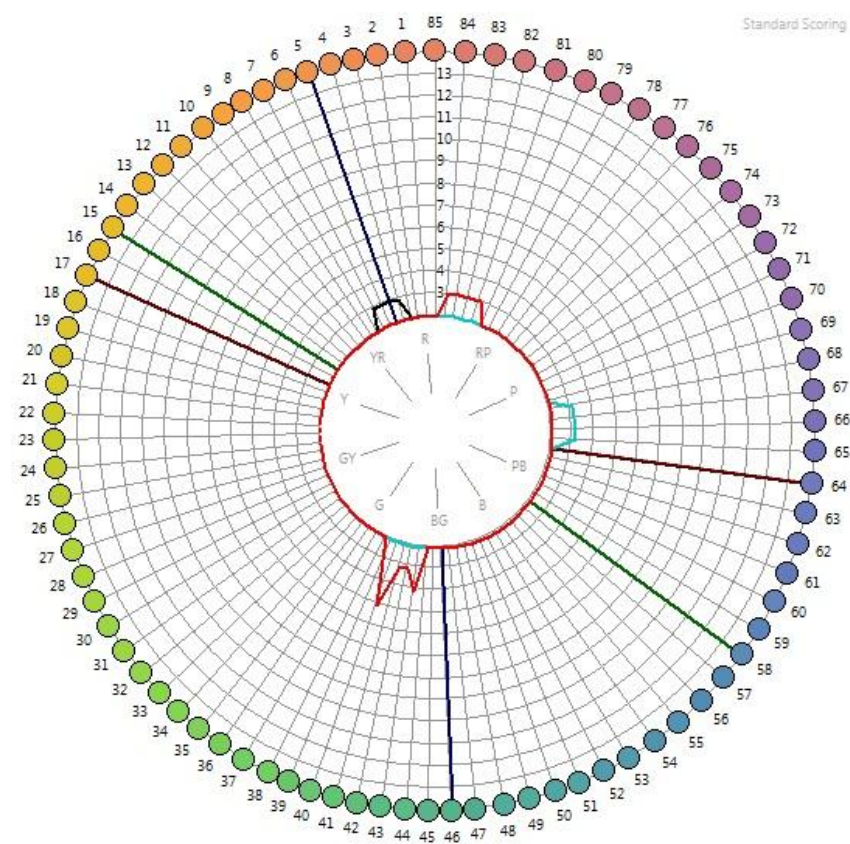
Pozorovatel č. 1 - Farnsworth-Munsell 100 Hue test



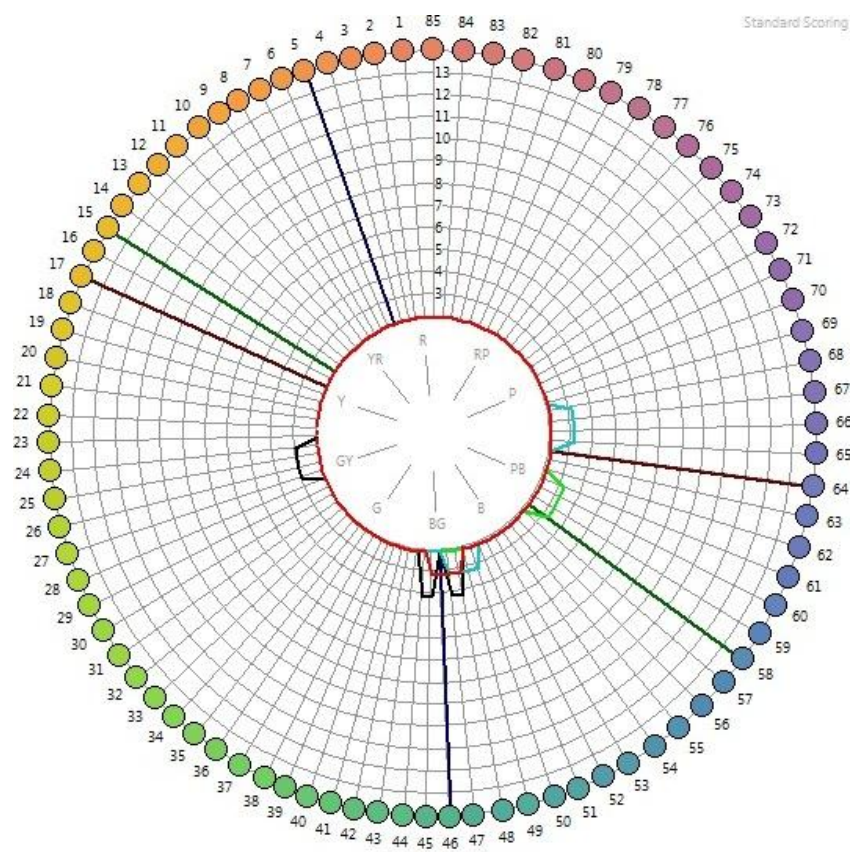
Pozorovatel č. 2 - Farnsworth-Munsell 100 Hue test



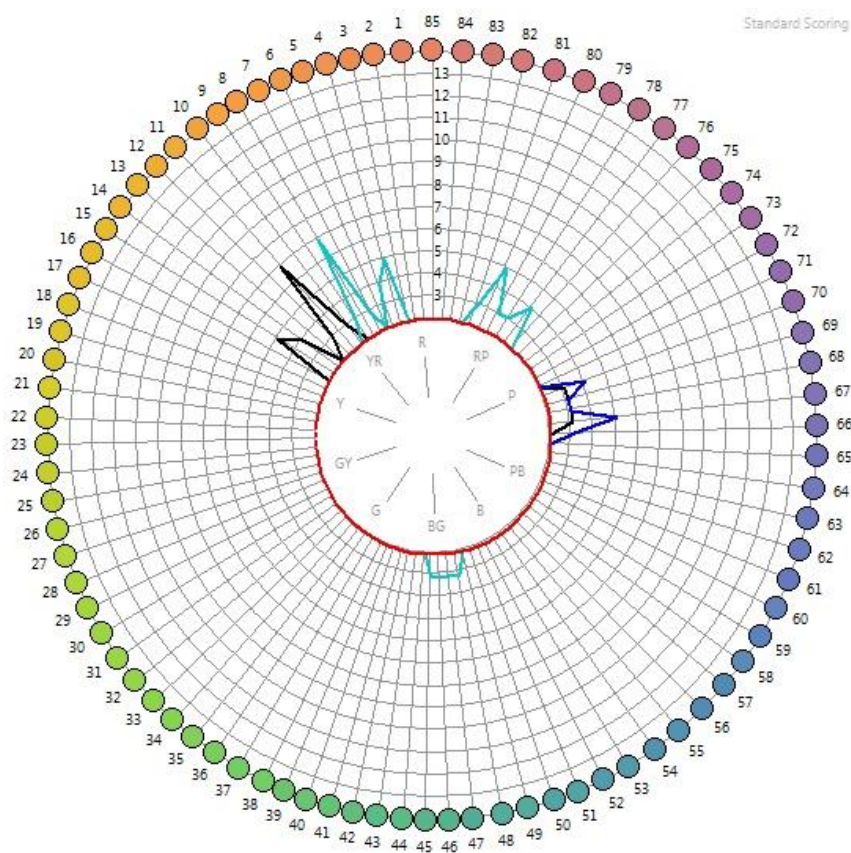
Pozorovatel č. 3 - Farnsworth-Munsell 100 Hue test



Pozorovatel č. 4 - Farnsworth-Munsell 100 Hue test



Pozorovatel č. 5 - Farnsworth-Munsell 100 Hue test



Pozorovatel č. 6 Farnsworth-Munsell 100 Hue test





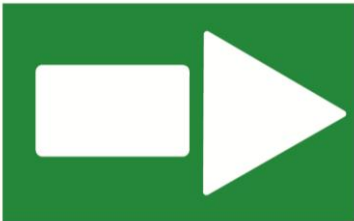






Původní značka	Návrh
	
	
	
	
	
	



Figure 1 Black on DYELL ($dE=105$),



BLACK on MYELL ($dE=88$)



Figure 2DGREY on YELL ($dE^*=76$),



GREY on YELL ($dE^*=47$)



Figure 3WHT on GREEN ($dE^*= 69$),



Figure 4 WHT on MGREEN ($dE^*=53$)



Figure 5 WHT on LGREEN ($dE^*=38$)



Figure 6 WHT on LGREEN ($dE^*=79$)

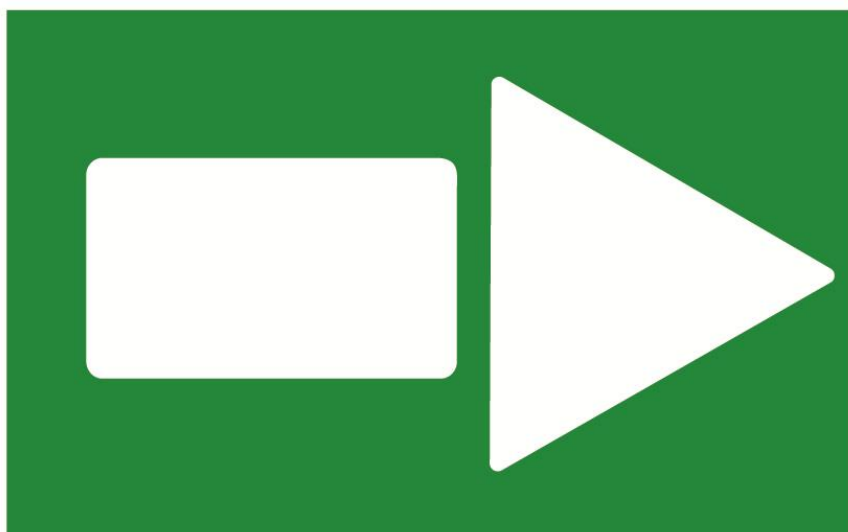
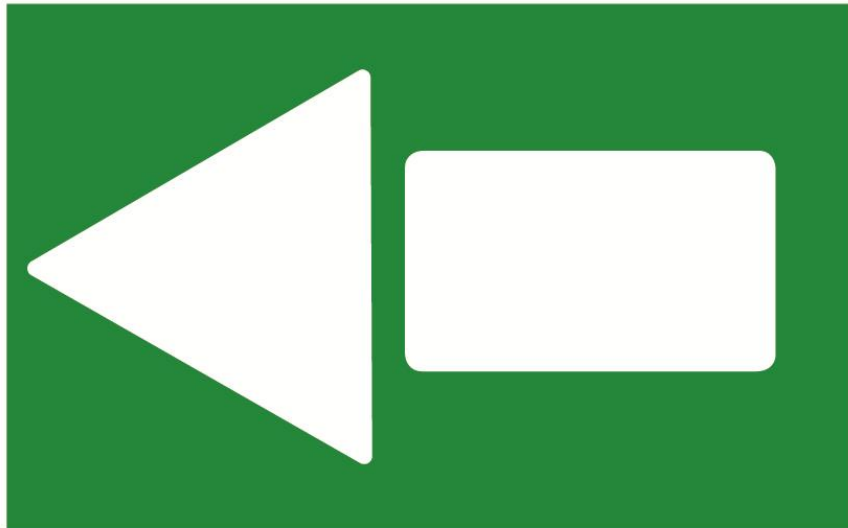




Figure 7 DALTONIST_WHT on GREEN ($dE^*=85$),



WHT on BRAUNGREEN ($dE^*=76$)



Figure 8 YELL on DBLUE ($dE^*=129$),



WHT on DGREEN ($dE^*=79$)



Figure 9 YELL on BLUE ($dE^*=91$),



DEUTERANOP YELL on BLUE ($dE^*=120$)



Figure 10 DBLUE on DPURPLE ($dE^*= 27$),



LBRAUN on BLUEGREEN ($dE^*=58$)



Figure 11 LYELL on BLUE ($dE^*=91$),



LORANGE on LPURPLE ($dE^*=46$)



Figure 12 BLACK on LPINK/PURPLE RING ($dE^*=71$),



BLACK on WHT/RED RING ($dE^*=78$)



Figure 13 WHT on DPURPLE ($dE^*=73$),



BRAUN on GREYBLUE ($dE^*=29$)



Figure 14 BLACK on WHT/GREEN RING ($dE^*=72$)

Bibliografie

1. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. Praha : Grada, 2004. 978-80-247-1132-4.
2. Chloupková, Tereza. Fyziologické principy vidění – tvorba a vnímání obrazu, Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Masarykova univerzita 2007. Vedoucí práce Janoušková eva
3. SILBERNAGL Stefan, DESPOPOULOS Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka*. Praha : Grada, 2004. 978-80-247-0630-6.
4. SYNEK Svatopluk, SKORKOVSKÁ Š. *Fyziologie oka a vidění*. Praha : Grada, 2004. 80-247-0786-1.
5. PETROVICKÝ, Pavel *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi, III. svazek Neuroanatomie, smyslová ústrojí a kůže*. Martin : Osveta, 2002. 80-8063-048-8.
6. POKORNY Joel, LUTZE Margaret, DINGCAI Cao, ZELE, Andrew, J. *The color of night: Surface color perception under dim illuminations*. Visual Neuroscience. Cambridge University Press, 2006, DOI: 10.1017/S0952523806233492
7. RANDALL David, BUGREN Warren, FRENCH Kathleen. *Eckert Animal Physiology*. New York : W.H. Freeman and Company, 2001. 978-0716738633.
8. REFERÁTY. Bezpečnostní značky pro únik a evakuaci osob. *Světlo*. [Online] FCC Public s.r.o., 2002, č.4 [cit. 14.3.2012] Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22997.
9. VIK, Michal. *Základy měření barevnosti*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 1995. 80-7083-162-6.
10. VIK, Michal. Měření barevnosti a vzhledu – 2. část. *Světlo*, [Online] FCC Puplic s.r.o., 2001, č.4. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22890.
11. VIK Michal. *Základy měření barevnosti I*. Díl. Liberec. Technická univerzita v Liberci, 1995.

Citovaná literatura

1. RANDALL David, BUGREN Warren, FRENCH Kathleen. *Eckert Animal Physiology*. New York : W.H. Freeman and Company, 2001. 978-0716738633.
2. PETROVICKÝ, P. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi, III. svazek Neuroanatomie, smyslová ústrojí a kůže*. Martin : Osveta, 2002. 80-8063-048-8.
3. SYNEK Svatopluk, SKORKOVSKÁ Šárka *Fyziologie oka a vidění*. Praha : Grada, 2004.ISBN 80-247-0786-1.
4. BOGUSZAKOVÁ, J. *Zrak a vidění*. Světlo. [Online] FCC Public s.r.o., 04/2003. http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23169.
5. Chloupková, Tereza. *Fyziologické principy vidění – tvorba a vnímání obrazu*, Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Masarykova univerzita 2007. Vedoucí práce Janoušková eva
6. LIBRA Martin, ŠTĚRBA Jan a Ilona BLÁHOVÁ. *Fyzikální podstata světla. Světlo*. [Online]. FCC Public s.r.o., 04/2000 , [22.3.2012]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22854
7. VIK, Michal. *Základy měření barevnosti*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 1995. 80-7083-162-6.
8. VIK, Michal *Měření barevnosti a vzhledu – 1. část. Světlo*. [Online] FCC Public s.r.o., 2001, č.1 [22.3.2012]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22867.
9. ZMEŠKAL, Oldřich, ČEPPAN, Michal a Petr DZIK. *Barevné prostory a správa barev*. [Online] 10/2002. [cit. 6.2.2012]. s. 5–7. Dostupné: http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf.
10. DROZD, David. *Nouzové osvětlení – 3. část. Osvětlení únikových cest. Světlo*. [Online] FCC Public s.r.o. 2008, č.3. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37412
11. DROZD, David. *Nouzové osvětlení 5. Světlo*. 2008. Č.5 [cit. 12.2.2012]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37975

12. NORMA ČSN ISO 3864. *Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky*. . Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 1995. Třídící znak 018010